

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Физико-технологический институт

**V Международная молодежная научная конференция,  
посвященная памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортova**

Физика. Технологии. Инновации.  
ФТИ-2018

Секция 6

14–18 мая 2018 г.

Тезисы докладов

Екатеринбург  
2018

УДК 001.895:621.039 (063)  
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43  
Т29

Т29 Тезисы докладов V Международной молодежной научной конференции, посвященной памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортova (Секция 6): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2018 (14–18 мая 2018 г.). / отв. за вып. А. В. Ищенко. Екатеринбург : УрФУ, 2018. 97 с.

*Конференция проведена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта 18-32-10016 мол\_г.*

Редакционная коллегия: В. Н. Рычков, С. В. Звонарев, А. В. Ищенко, Е. А. Бунтов, И. С. Жидков, А. С. Дедюхин, В. С. Семенищев, М. И. Сутормина, О. А. Евсегнеев, А. А. Смирнов, Д. А. Метелев, Э. В. Патраков.

УДК 001.895:621.039 (063)  
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43

©УрФУ, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Секция 6 Биоинженерия и биотехнологии .....	6
<i>Sidorov K.V., Filatova N.N., Shemaev P.D., Kuksina E.V.</i> Formalized description of dynamics of an emotional reaction .....	7
<i>Мошарова Д.В., Злыгостева О.А.</i> Использование магнитных нанопорошков в качестве агентов МРТ контраста .....	8
<i>Aboushanab S.A.S., Vyrova D.V., Selezneva I.S.</i> Characterization of low-fat yogurt manufactured with addition of $\beta$ -glucan as a dietary supplement .....	10
<i>Zakaly Hesham M.H., Mostafa M. Y.A., Zhukovsky M.</i> Internal Exposure Assessment of $^{89}\text{Zr}$ after Injection to Human.....	11
<i>Нурисламова К.А., Журавлева Е.Ю.</i> Влияние радиационной обработки на свойства гигиенических изделий.....	12
<i>Mostafa M.Y.A.</i> Annual radon decay products concentration in indoor air .....	13
<i>Вахнина Д.И., Лукин О.Н., Соловьева О.Э.</i> Эффект растяжения сердечной мышцы на фазу спада кальциевого перехода в ее клетках.....	14
<i>Баширцева И.А., Зайцева С.С.</i> Исследование стохастической возбудимости в модели ферментативной кинетики.....	16
<i>Агданцева Е.Н., Иванов В.Ю., Баранова А.А., Улитко М.В.</i> Радиационно-индуцированная адаптация биообъектов.....	17
<i>Насырова В.М., Ряшко Л.Б.</i> Стохастическая возбудимость и переход к хаосу в дискретной нейронной модели .....	19
<i>Колениченко А.П., Ряшко Л.Б.</i> Исследование пространственно-временной самоорганизации в системах со случайными возмущениями .....	20
<i>Разумов А.А., Ушенин К.С.</i> Исследование влияния геометрических характеристик сердца человека на псевдо-ЭКГ.....	21
<i>Романюк Г.О., Ряшко Л.Б.</i> Моделирование и стохастический анализ дискретной популяционной модели.....	23
<i>Попова М.А., Тыщенко И.С.</i> ЭПР-дозиметрия ионизирующих излучений с использованием тефлоновых детекторов .....	25
<i>Nazmy Hyam, Mostafa M. Y.A., Zhukovsky M.</i> Particle size distribution of e-cigarette aerosols in indoor air.....	26
<i>Чубаров В.А., Волков А.С.</i> Временная динамика диэлектрических свойств биологических тканей в диапазоне от 0,1 Гц до 3 ГГц .....	27
<i>Ряшко Л.Б., Слепухина Е.С.</i> Стохастические колебания вблизи бифуркации «катастрофы голубого неба» в модели нейрона.....	29
<i>Хаймин А.М., Гагин С.В., Хохлов К.О., Смирнов А.А.</i> Измеритель артериального давления с голосовым сопровождением.....	30
<i>Злыгостева О.А., Соковнин С.Ю.</i> Применение нанопорошков для направленной доставки лекарств .....	31
<i>Липатникова А.В., Хохлов К.О.</i> Разработка многофункционального устройства контроля жизненных показателей человека. Измерение биопотенциалов и температуры.....	33

<i>Шубин А.В., Хохлов К.О.</i> Разработка multifunctional устройства контроля жизненных показателей человека. Фотоплетизмография .....	35
<i>Шмарко Д.В., Хохлова А.Д.</i> Математическое моделирование влияния лидокаина на спонтанную электрическую активность сердца .....	37
<i>Коротовских О.И., Вазиров Р.А., Баранова А.А., Рябухин О.В.</i> Изучение длительного сохранения РИА у дрожжей <i>saccharomyces cerevisiae</i> при стимулирующем воздействии малой дозой излучения от $^{137}\text{Cs}$ .....	39
<i>Олонцева Д.А., Волков А.С.</i> Температурно-частотные зависимости электрофизических свойств биологических тканей .....	41
<i>Сперанская А.А., Баранова А.А., Иванов В.Ю.</i> Влияние постоянного и импульсного ионизирующего излучения на лактобактерии.....	43
<i>Миронов А.А., Баранова А.А.</i> Исследование влияния различных веществ на обнаружение следовых количеств нитросодержащих взрывчатых веществ методом тушения хемилюминесценции.....	44
<i>Будеева Е.А., Рывкин А.М.</i> Моделирование влияния ингибиторов ионных каналов на функционирование клеток водителя сердечного ритма .....	45
<i>Шарилов М.Р., Демин В.А., Панкин В.В.</i> Аппаратное обеспечение радионуклидных методик исследования .....	46
<i>Грозных М.В., Алимханов А.Т., Стурис А.Ю., Рябухин О.В.</i> Разработка устройства непрерывного измерения энергии электронов ускорителя УЭЛР-10-10с для контроля процесса радиационной стерилизации .....	48
<i>Волжанинов Д.А., Лукин О.Н., Хохлова А.Д.</i> Разработка программного комплекса для управления режимами сокращения одиночной клетки сердца.....	50
<i>Демин В.А., Панкин В.В., Сарычев М.Н., Шарилов М.Р.</i> Сравнительный анализ существующих методов формализации и обработки данных остеосцинтиграфических исследований .....	52
<i>Барабанов Д.Д., Зельский И.А.</i> Метод расчёта и оценки дозы внутреннего облучения радиофармпрепаратом "фтор-18-дезоксиглюкоза" с использованием ПЭТ/КТ реконструкций.....	54
<i>Панкратов А.А., Баширцева И.А.</i> Анализ паттернов в распределённой модели гликолиза.....	56
<i>Михайлова Ю.А., Владимиров А.П., Бахарев А.А.</i> Закономерности динамики спеклов, выявленные при исследовании клеточных культур .....	57
<i>Изможеров И.Б., Смирнов А.А.</i> Программа обработки биомедицинских сигналов и изображений с графическим интерфейсом средствами MATLAB.....	59
<i>Фалина Ю.В., Ободов В.А., Панкин В.В., Смирнов А.А., Панкин С.В., Щелканов А.А.</i> Возможности радионуклидной диагностики <i>in vivo</i> в оценке морфо-функционального состояния слезопroduцирующего аппарата .....	60
<i>Вазиров Р.А., Соковнин С.Ю., Улитко М.В.</i> Применение наночастиц оксидов металлов в качестве радиомодификаторов в лучевой терапии.....	62
<i>Хмелев Д.В., Ушенин К.С.</i> Моделирование механической функции блока миокардиальной ткани.....	64
<i>Самигуллина К.Р., Кашапова А.Р., Харанудько Ю.В., Гаврилов М.Д., Гребенщикова М.М.</i> Исследование структурных изменений коллагенсодержащего материала при модификации плазменными методами.....	65

<i>Щелканов А.А., Кружалов А.В., Панкин В.В., Панкин С.В.</i> Сравнительная оценка дозовых нагрузок на персонал радиологических отделений.....	67
<i>Роган Л.В., Смирнов А.А.</i> Разработка платы прецизионных весов для инкубатора новорожденных .....	69
<i>Назарова М.М., Анцыгин И.Н., Вараксин А.Н.</i> Влияние факторов риска потери здоровья на функционал работника промышленного предприятия.....	71
<i>Бутова К.А., Лукин О.Н.</i> Методика измерения сократительной активности сердечной мышцы.....	72
<i>Королёва И.А., Хохлова А.Д.</i> Метод автоматического определения размеров изолированных кардиомиоцитов.....	74
<i>Мячина Т.А., Лукин О.Н., Хохлова А.Д.</i> Новый метод карбоновых волокон для измерения сократительных свойств одиночных кардиомиоцитов.....	75
<i>Рогожникова О.А., Баранова А.А., Вазиров Р.А.</i> Радиационно-иммунная терапия.....	77
<i>Курзюкова А.Ю., Одложилкова А.</i> Радиобиологические аспекты сравнения планов фотонной и протонной лучевой терапии .....	78
<i>Сушкова Е.А., Токарева М.И., Миронов М.А.</i> Изучение влияния компонентов питательной среды на биосинтез пуллулана .....	79
<i>Нестерова Т.М., Ушенин К.С.</i> Исследование поздней авто деполяризации кардиомиоцитов на одномерной модели мышечного волокна .....	81
<i>Панкин С.В., Кротов А.Д., Сюрдо А.И., Панкин В.В., Сарычев М.Н.</i> Динамические испытания многотатчиковой радиометрической системы на фантоме с изменяемой скоростью протекания радиофармпрепарата .....	83
<i>Муфаздалова А.Н., Гизамова А.Р., Нарыжнина Т.В., Порунов А.А., Тюрина М.М.</i> Повышение достоверности срабатывания канала тревожной сигнализации акушерского монитора .....	84
<i>Бажутина А.Е., Ушенин К.С., Хохлова А.Д.</i> Построение униполярной виртуальной электрокардиограммы для исследования электрической активности тонкого среза левого желудочка сердца.....	86
<i>Кротов А.Д., Панкин В.В., Панкин С.В., Щелканов А.А., Сарычев М.Н.</i> Применение портативной радиометрической системы для определения объема циркулирующей крови.....	87
<i>Duru K.C., Kovaleva E.G., Glukhareva T.V.</i> Extraction of isoflavones from different raw sources using natural deep eutectic solvents.....	89
<i>Тамбасова Д.П., Лизунова Е.Е., Любякина П.Н., Ковалева Е.Г., Молочников Л.С.</i> Каталитическое разложение природных полисахаридов ферментами иммобилизированными на гамма – оксиде алюминия.....	90
<i>Роципко Т.А., Ковалева Е.Г., Баракова Н.В.</i> Ферментативный гидролиз клетчатки пивной дробины для получения функциональных кондитерских изделий.....	92
<i>Osman N. Kanwugu, Ivantsova M.N., Kingsley D. Chidumaga</i> Gold biotechnology: development and advancement.....	94
<i>Вырова Д.В., Абу Шанаб С., Селезнева И.С.</i> Использование бета-глюкана в качестве бад при получении низкокалорийного йогурта.....	95

## **СЕКЦИЯ 6**

### **БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

# FORMALIZED DESCRIPTION OF DYNAMICS OF AN EMOTIONAL REACTION

Sidorov K.V.<sup>\*</sup>, Filatova N.N., Shemaev P.D., Kuksina E.V.

Tver State Technical University, Tver, Russia

\*E-mail: [bmisidorov@mail.ru](mailto:bmisidorov@mail.ru)

For the last couple of decades, specialists has been paying much attention to studying emotional intelligence characteristics and the ways of using this information to improve the quality of technical systems management. The relevance of the topic is determined by both the expansion of capabilities of computer systems and robotic complexes in the field of imitation of intellectual functions, and the need to create means for interpreting nonverbal information in certain types of biomedical signals. These problems might be solved by creating models and algorithms for deciphering latent information, which is inspired by human emotional responses.

Currently, there are different models that describe the dynamics of emotional reactions (ACRES/WILL, ActAffAct, ALMA, CATHEXIS, THESPIAN, PEACTIDM, EMA, EM-ONE, PARLEE, FLAME, EMILE, CBI, MNL, H-CogAff, MAMID, Soar-Emote, TABASCO, WASABI, OSS, KARO, Affective Computing, model Fominy IB-Leontiev VO, model Glazunov Yu.T., etc.). They are used for modeling emotions both in artificial environments (computer games, animation), and for research purposes (when developing psychophysiological experiments) [1–3].

The formalized description of the dynamics of a human emotional reaction in the above models is only a hypothesis, since the authors can not provide quantitative data necessary for assessing the adequacy of models. There is a lack of experimental results obtained by recording testees' objective characteristics during emotional reactions behavior. There is a need in the use of specialized bioengineering systems to set up experiments and form a signal samples database that illustrate human emotional reactions.

The bioengineering system "EEG/S" [3] is one of these systems. The use of "EEG/S" allowed creating a multimodal base of emotions "MDB" with reliable samples of biomedical signals (EEG, EMG, speech signals), which are recorded using audiovisual stimulation. Samples of speech, EEG and EMG patterns from the "MDB" database are used to create a model of an emotions interpreter, which is invariant to the type of data coming from the "EEG/S" system channels. The structure of the computer model of the emotions interpreter is as follows:

$$Emotion = \langle Z, U, D \rangle, \quad (1)$$

where  $Z$  is a sign (valence),  $Z$  is a level,  $D$  shows emotional reaction dynamics.

The signs of reconstructed attractors [4] take part in representing model components (1). Considering the essential variability in the evaluation of characteristics due to testees' individual differences and unsteadiness of the signals, the model (1) pro-

vides for a transition to linguistic variables. Each linguistic variable has its basic term set, which can be expanded using special modifiers of fuzzy variables: ZT:: = {"Positive emotions", "Neutral state", "Negative emotions"}; UT:: = {"Low emotional level", "Average emotional level", "High emotional level"}; DT:: = {"Decreasing emotional trend", "Emotional trend is absent", "Growing emotional trend"}.

The model (1) was tested on the base of the Tver State Technical University. The testees were scientific employees, teachers, graduate students and students, who had age and gender differences. The discrepancy between the interpretation of EEG, EMG patterns and speech samples for each testee does not exceed 5–10 %.

*The reported study was funded by RFBR according to the research project № 17-01-00742.*

1. Lin J., Spraragen M., Zyda M., Advances in Cognitive Systems, 2, 59 (2012).
2. Marsella S., Gratch J., Petta P., Computational Models of Emotion, Oxford University Press (2010).
3. Filatova N.N., Sidorov K.V., Computer Models of Emotions: Construction and Methods of Research, Tver State Technical University (2017).
4. Filatova N.N., Sidorov K.V., Fuzzy Systems and Soft Computing, 11, 57 (2016).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНЫХ НАНОПОРОШКОВ В КАЧЕСТВЕ АГЕНТОВ МРТ КОНТРАСТА**

Мошарова Д.В.<sup>\*</sup>, Злыгостева О.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [dasha04041996@mail.ru](mailto:dasha04041996@mail.ru)

## **THE USE OF MAGNETIC NANOPOWDERS AS AGENTS OF MRI CONTRAST**

Moshcharova D.V.<sup>\*</sup>, Zlygosteva O.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The use of mesoporous silica nanoparticles doped with manganese dioxide produced by the physical method of electron beam evaporation for MRI-contrast.

Благодаря своим уникальным физическим свойствам, и способности функционировать на клеточном и молекулярном уровне в биологических объектах, магнитные нанопорошки в настоящее время активно исследуются в качестве следующего поколения агентов МРТ контраста.



Присутствие наночастиц в органе или ткани позволяет значительно усилить МРТ-сигнал. Магнитные наночастицы способны повышать скорость протонной релаксации для конкретных тканей организма и концентрироваться в определенном органе.

Наиболее часто используемыми контрастными веществами являются хелатные соединения металла гадолиния: гадовиста, магневиста и омнискана [1]. Однако в настоящее время недостаточно внимания уделено вопросам кинетики и элиминации хелатов в живом организме, а также возможным токсическим эффектам. Для решения проблемы токсичности требуется поиск новых контрастных препаратов на основе биосовместимых и инертных оксидов.

В качестве нового агента для МРТ контраста предлагается использование системы мезопористого диоксида кремния, допированного диоксидом марганца ( $\text{SiO}_2\text{-MnO}_2$ ) в массовых концентрациях 0,1, 1, 3 %. Порошки  $\text{SiO}_2\text{-MnO}_2$  были получены физическим методом испарения электронным пучком в газе низкого давления в Институте электрофизики УрО РАН [2]. Анализ свойств (Таблица 1) проводился с использованием аналитических методов диагностики [3]. Данные нанопорошки обладают высокой пористостью и площадью удельной поверхности ( $S_{\text{уд}}$ ). Система является магнитной за счет наличия марганца, а кремний можно рассматривать в качестве биоинертной оболочки.

Таблица 1. Физические свойства нанопорошка  $\text{SiO}_2\text{-MnO}_2$

Содержание $\text{MnO}_2$ , %	Размер пор, нм	$S_{\text{уд}}$ , $\text{м}^2/\text{г}$	Объем пор, $\text{см}^3/\text{г}$
0,1	20,6	75,78	0,36
3	26,4	134,18	0,88

Предполагаются дальнейшие исследования для нахождения стабильной суспензии  $\text{SiO}_2\text{-MnO}_2$ , обладающей биосовместимыми и биодоступными свойствами, а также увеличенным временем циркуляции в кровеносном русле и полным отсутствием токсичного воздействия на организм; исследование рентгеноконтрастных свойств полученных суспензий, т.е. оценка способности воздействовать на МР-сигнал в тканях - способность сокращать время релаксации.

1. МРТ диагностика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dagnostika-mrt.ru/mrt-s-kontrastom/>
2. Соковнин, С.Ю. Применение импульсного электронного пучка для получения нанопорошков некоторых оксидов металлов / С.Ю. Соковнин, В.Г. Ильвес. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2011. – 318 с.
3. Злыгостева, О.А. Перспективы применения мезопористого диоксида кремния, допированного диоксидом марганца, в медико-фармацевтической сфере / О.А. Злыгостева, С.Ю. Соковнин // Проблемы спектроскопии и спектрометрии: сборник статей. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2017. – Вып. 37. – С. 28-32.

# CHARACTERIZATION OF LOW-FAT YOGURT MANUFACTURED WITH ADDITION OF BETA-GLUCAN AS A DIETARY SUPPLEMENT

Aboushanab S.A.S.\* , Vyrova D.V., Selezneva I.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [saiedaboushanab@gmail.com](mailto:saiedaboushanab@gmail.com)

**Annotation.** Fermented dairy products constitute a vital component of the human diet globally. The nutraceutical advantages of Beta-glucan as a functional bioactive ingredient is considered as an alternative to conventional yoghurt presented in the market [1]. Beta-glucans are polysaccharides which have been suggested to exhibit anti-tumor, immunomodulatory, radioprotective, antioxidant and anti-inflammatory properties and also the ability to lower cholesterol and glucose level in the blood. Fat content is the most critical parameter in yoghurt production. Excessive intake of dietary fat has been reported to cause some health disorders, such as cardiovascular diseases and obesity. Low-fat yoghurts are ideal dietary products for lactose intolerant persons (particularly young children and the elderly).

In our study, we used a standard Beta-glucan (Oat  $\beta$ -glucan 86 %, Oat  $\beta$ -glucan production Johncan Mushroom) to enrich functional yoghurt with low-fat and non-fat contents. Thus, the present research has been designed to develop low-fat and non-fat functional yogurt (Irbitskoe®) incorporated with two different types of starter cultures, Svoiyoguhrt® (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*) and Yoguhtel® (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) respectively. It was reported that the symbiotic dairy products using probiotics have a beneficial nutraceutical effect on human health [1].

Non-fat functional yogurt prepared from non-fat milk using starter culture containing probiotic (Svoiyoguhrt®) and standard Beta-glucan (0.13, 0.17, 0.21 and 0.25%) was assessed for rheological, textural, colour and sensorial characteristics. The non-fat yoghurt samples enriched with Beta-glucan were compared to full-fat and non-fat yoghurt (without Beta-glucan) samples. Addition of 0.17% level of Beta-glucan imparted significantly better sensory evaluation results, higher syneresis and water holding capacity compared to the other samples. It should be noted that the incubation period was shorter which is significant parameter for yoghurt producers because of lowering the cost of manufacturing process.

On the other hand, a low-fat yogurt using Yoguhtel® as bacterial starter culture was prepared with addition of different amounts of Beta-glucan (0.10, 0.15 and 0.20) for sensory, organoleptic and microbiological properties. Full-fat and low-fat milk (without Beta-glucan) samples were prepared as standard samples in this regards. Among these samples, 0.10% level was found to be optimal with respect to titratable acidity, density and mass fraction. Beta-glucan at 0.10% level produced low-fat yogurt with superior quality, less whey separation, good textural properties and higher syneresis than the samples containing other levels.

Overall, Beta-glucan can be successfully used as a functional ingredient to improve the quality of non-fat or low-fat milk yoghurt. The addition of 0.17% level of Beta-glucan to non-fat yoghurt or 0.10% in low-fat yoghurt fetched significantly better instrumental sensory scores and organoleptic properties. The use of different starter cultures has no technological advantages on prepared yoghurt.

1. Dadi Bhaskar, Sunil Kumar Khatkar, Rekha Chawla, Harsh Panwar, Swati Kapoor, J Food Sci Technol, 54 (9), 2684 (2017).
2. Okan Kurtuldu and Tulay Ozcan, 70, International Journal of Dairy Technology, 10.1111/1471-0307.12414.

### **INTERNAL EXPOSURE ASSESSMENT OF $^{89}\text{Zr}$ AFTER INJECTION TO HUMAN**

Zakaly Hesham M.H.<sup>1,3\*</sup>, Mostafa M. Y.A.<sup>1</sup>, Zhukovsky M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>Physics Department, Al-Azhar University, Assuit Branch, Egypt

\*E-mail: [h.m.zakaly@gmail.com](mailto:h.m.zakaly@gmail.com)

In this work, Assessment of the dynamic behavior of  $^{89}\text{Zr}$  labeled with the monoclonal antibodies and their fragments after injection it into the human body is simulated for the purpose of the positron emission tomography (PET). Therefore, the absorbed doses in organs and tissues exposed into the maximum radiation exposure can be estimated easy using ICRP 128. The biokinetic model has been built based on reference data about the behavior of MAb and their fragments. The data of the excretion of chelate complexes from the human body is used to describe the bio-distribution and excretion also obtained from literature. The fraction of the administered activity dependence on the time of its presence in the body for different organs is estimated using WinAct 1.0 software package developed at the Oak Ridge National Laboratory. The doses received by the organs depending on the form in which the drug is injected into the human body. The obtained results shows that the fragments of MAb labeled with  $^{89}\text{Zr}$  are characterized by both faster accumulations in the organs and a faster excretion of the radionuclide compared to intact MAb. The organs which had the highest dose were the spleen, liver, and lungs when the  $^{89}\text{Zr}$  was injected into the human body associated with intact monoclonal antibodies and the kidneys when the injection was associated with the fragments of monoclonal antibodies.

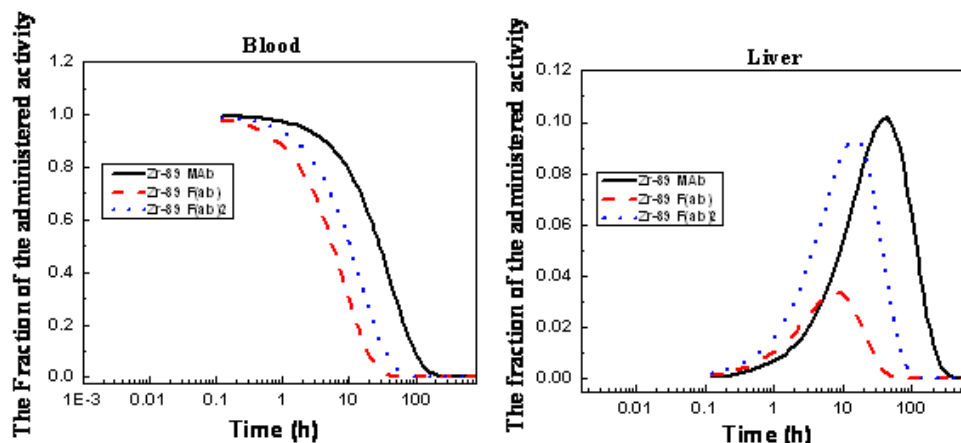


Figure 1 the fraction of the administered activity dependence of time in the blood and the liver for MAb and 2 fragments type.

## ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Нурисламова К.А. \*, Журавлева Е.Ю.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kseniya.timina@bk.ru](mailto:kseniya.timina@bk.ru)

## INFLUENCE OF RADIATION PROCESSING ON THE PROPERTIES OF HYGIENE PRODUCTS

Nurislamova K.A. \*, Zhuravleva E. Yu.

UralFederalUniversity, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The effect of ionizing radiation on the properties of medical hygiene products was studied. We investigated the following properties: absorption time, hygroscopicity. Samples were irradiated on an electron accelerator with an energy of 10 MeV. Studies have shown that irradiation with a sterilization dose of 25 kGy and 50 kGy improves these properties. Higher doses worsen the quality of the medical product.

В настоящее время большая часть медицинских изделий одноразового применения стерилизуется радиационными методами. При стерилизации изделий, расширяется круг потребителей, которые согласны платить больше за высокое качество продукта и также существует возможность применения гигиенических медицинских продуктов в других областях, таких как гнойная хирургия. Следовательно, возникает вопрос о влиянии ионизирующего излучения на основные потребительские характеристики материалов. Целью работы является изучение влияния радиационной обработки на свойства гигиенических изделий.

Гигиенические изделия состоят из нескольких слоев. Верхний слой представляет собой тонкий покровный материал, задача которого, быстро впитать влагу и передать ее, напрямую или через распределительный слой, на внутренний абсорбирующий слой. Ввиду того, что материал соприкасается с кожей, то к нему применяются особые требования по тактильным показателям. Как правило, для изготовления гигиенических изделий используются нетканые материалы, полученные из полипропиленовых или смеси полипропиленовых и полиэфирных волокон.

Образцы облучали в центре радиационной стерилизации УрФУ, который включает в себя линейный ускоритель электронов UELR-10-10S2 и конвейерную линию для подачи продуктов в зону облучения. Поскольку в литературе нет данных о влиянии излучения на свойства материалов, мы облучали стерилизующей дозой 25 кГр, а так же дозами 50 кГр, 100 кГр, 150 кГр, 200 кГр.

Были изучены зависимости времени поглощения и гигроскопичности от дозы. Измерение характеристик проводили в соответствии с ГОСТ 3816-81 и ГОСТ 52483-2005.

Построены графики зависимости данных характеристик от дозы ионизирующего излучения. Проведенные исследования показали, что радиационная обработка дозой 25 кГр и 50 кГр улучшает данные характеристики на 10-15 %, а дальнейшее увеличение дозы приводит к разрушению материалов и, как следствие, к ухудшению свойств.

Радиационная обработка, кроме придания стерильности, улучшает основные потребительские свойства, однако необходимо избегать переоблучения.

## **ANNUAL RADON DECAY PRODUCTS CONCENTRATION IN INDOOR AIR**

M.Y.A. Mostafa<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Department of Physics, Minia University, El-Minia, Egypt

\*E-mail: [Mostafa\\_85@mail.ru](mailto:Mostafa_85@mail.ru)

The dominating contributor to the total collective radiation exposure of world's population is the inhalation of radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) and its decay products beside that the exposure to radon and its progeny has been identified as the second significant cause of lung cancer after smoking (WHO 2009) [1]. The value of indoor and outdoor exposure can be varied and the study of indoor value is important due to its apparent health implications in particular dwellings. Radon and its decay products are present in the indoor atmosphere since their parent nuclei radium is present in the soil, natural construction and building materials. Concentration of radon decay products was

measured using an alpha-spectroscopy with surface barrier detector during one year, at least one measure per week. The Annual indoor concentration of radon decay products is presented in figure 1. The mean activity concentrations of  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  and  $^{214}\text{Bi}$  over one year are founded to be  $6.6 \pm 0.64$ ,  $5.3 \pm 0.5$  and  $4 \pm 0.42$  Bq/m<sup>3</sup> respectively. The annual dose will be calculated using UNSCEAR model.

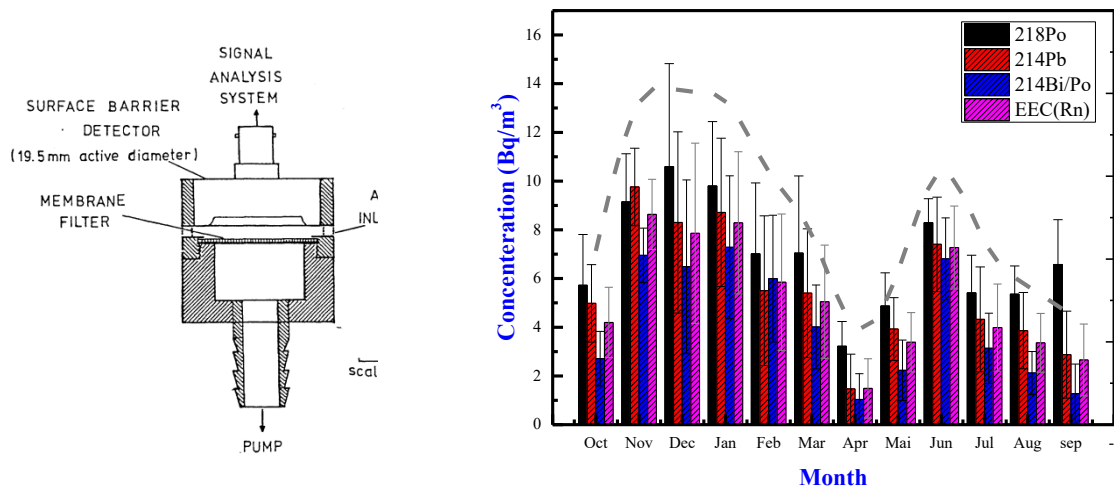


Fig. 1. Measurement unit (left) and annual radon decay products concentration in indoor air (right)

1. MostafaYuness, Amer Mohamed, MoustafaAbd El-Hady, Mona Moustafa and Hyam Nazmy. Indoor activity of short-lived radon progeny as critical parameter in dose assessment. Solid State Phenomena 2015 238: 151-16.

## ЭФФЕКТ РАСТЯЖЕНИЯ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ НА ФАЗУ СПАДА КАЛЬЦИЕВОГО ПЕРЕХОДА В ЕЕ КЛЕТКАХ

Вахнина Д.И.<sup>2\*</sup>, Лукин О.Н.<sup>1,2</sup>, Соловьева О.Э.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Daria\\_Vakhnina@mail.ru](mailto:Daria_Vakhnina@mail.ru)

## THE EFFECT OF HEART MUSCLE STRETCH ON THE DECAY PHASE OF $[\text{Ca}^{2+}]_i$ TRANSIENT

D. Vakhnina<sup>2</sup>, O. Lookin<sup>1,2</sup>, O. Solovyeva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In the present study the expression of the length-dependent alteration of  $\text{Ca}^{2+}$  transient decay was investigated in mathematical model of contraction of single cardiac cell. This paper presents a description of the mathematical model parameters affecting the phenomenon in order to establish links for explaining its occurrence.



При изучении эффектов последовательного растяжения сердечной мышцы крысы на кинетику несвязанного цитозольного кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ -переход) в её клетках экспериментально установлен эффект ускорения начальной фазы и замедление более поздней фазы спада кальциевого перехода [1]. Ранее были получены экспериментальные свидетельства того, что данный эффект связан с инотропным состоянием мышцы, и его экспрессия изменяется в растянутой мышце [2]. Было высказано предположение, что эффект увеличения длины саркомера на характеристики спада  $\text{Ca}^{2+}$ -перехода связан с кинетикой образования и распада Ca-TnC комплексов.

Математическая модель [3], выбранная для анализа феномена замедления фазы спада кальциевого перехода, не описывает электрофизиологию, однако, это не препятствует наблюдению эффекта, так как феномен обусловлен только механо-кальциевой регуляцией сократимости сердечной клетки и не связан с деполяризацией мембраны и ионными токами. Модель содержит блок расширенного описания кооперативных эффектов активации сократительных белков, который эффективно описывает взаимодействие  $\text{Ca}^{2+}$  с сократительными и регуляторными белками саркомера.

Во время изучения феномена были определены параметры математической модели, которые влияют на зависимость кривой  $\text{Ca}^{2+}$  перехода от длины. Были выделены три группы параметров, которые могут влиять на эффект:

1) Параметры, которые используются в уравнениях для описания образования и распада Ca-TnC комплексов;

2) Параметры, которые используются в уравнениях для описания обратного поглощения  $\text{Ca}^{2+}$  в СР;

3) Параметры, которые используются в уравнениях для описания образования поперечных миозиновых мостиков и оказывают косвенное влияние на изменение сродства TnC к  $\text{Ca}^{2+}$ .

Было обнаружено, что фаза спада  $\text{Ca}^{2+}$  перехода показывает наибольшую чувствительность к изменению параметров в блоке Ca-TnC, поэтому напрямую зависит от кооперативных эффектов. Меньшая чувствительность была обнаружена к параметрам, которые влияют на содержание  $\text{Ca}^{2+}$  в цитозоле (насос СР и поперечные мостики).

Процессы образования и распада Ca-TnC и поглощения кальция СР определяют характер спада кальциевого перехода в кардиомиоците. Длиннозависимое изменение соотношения вклада этих механизмов в регуляцию свободного цитозольного кальция может быть оценено с помощью метода разности кривых для Ca-переходов.

1. Lookin O., Protsenko Yu., Biophysics, 61(1):119-132 (2016)
2. Kentish J.C., Wrzosek A., J Physiol., Jan 15;506 ( Pt 2):431-44 (1998)
3. Solovyova O. Et al. Chaos, Solitons and Fractals, 13:1685–1711 (2002)

# ИССЛЕДОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ВОЗБУДИМОСТИ В МОДЕЛИ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ КИНЕТИКИ

Башкирцева И.А., Зайцева С.С.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [svs.zaitceva@gmail.com](mailto:svs.zaitceva@gmail.com)

## ANALYSIS OF STOCHASTIC EXCITABILITY IN THE MODEL OF ENZYMATIC KINETICS

Bashkirtseva I.A., Zaitseva S.S.\*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We study the influence of noise on the Goldbeter model of the enzymatic reaction. The phenomenon of stochastic excitability is demonstrated and studied. For the parametric analysis of this phenomenon, the stochastic sensitivity functions technique and the method of confidence areas are used. Statistical analysis of the noise-induced spiking oscillations is carried out. The phenomenon of the "phantom" attractor is investigated.

В работе рассмотрена стохастическая модель ферментативной реакции Голдбетера [1], представленная системой дифференциальных уравнений со случайными возмущениями

$$\begin{aligned}\dot{x} &= v - \sigma\varphi(x, y), \\ \dot{y} &= \lambda\varphi(x, y) - ky + \varepsilon\xi(t),\end{aligned}\tag{1}$$

где  $\varphi(x, y) = \frac{x(1+x)(1+y)^2}{L + (1+x)^2(1+y)^2}$ ,  $\varepsilon$  – интенсивность возмущений,  $\xi(t)$  – некоррелированный стандартный гауссовый белый шум.

В детерминированном варианте система (1) моделирует механизм колебательного синтеза циклического аденозинмонофосфата в клетке.

Проведено исследование явления стохастической возбудимости в зоне устойчивого и неустойчивого равновесия. Показано, что модель отличается высокой чувствительностью к вариациям параметров и начальных условий. При малых шумах случайные траектории концентрируются в малой окрестности точки покоя системы (1) – допороговой зоне. При увеличении шума облако случайных состояний выходит в послепороговую зону, возникают индуцированные шумом осцилляции. В зоне неустойчивого равновесия наблюдается устойчивый предельный цикл. Для анализа данных явлений использован аппарат функции стохастической чувствительности и метод доверительных областей [2]. Найдено критическое значение параметра, отвечающее сверхчувствительному циклу.



С помощью статистического анализа межспайковых интервалов [3] проведена оценка критического значения интенсивности шума, отвечающего когерентным колебаниям.

Показано, что при больших шумах наблюдается явление "фантомного" аттрактора – сдвиг случайных траекторий от положения детерминированного равновесия. Проведен анализ этого явления с помощью плотностей распределения случайных траекторий.

*Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект №16-11-10098).*

1. A. Goldbeter, T. Erneux, L.A. Segel, FEBS letters, 89, 237-241 (1978).
2. I. Bashkirtseva, P. Fominykh, Journal of Siberian Federal University, Mathematics & Physics, 2, 319–329 (2009).
3. E. Slepukhina, Rus. J. Nonlin. Dyn., 12, 327–340 (2016).

## **РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННАЯ АДАПТАЦИЯ БИООБЪЕКТОВ**

Агданцева Е.Н.\*, Иванов В.Ю., Баранова А.А., Улитко М.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [e.n.agdantseva@gmail.com](mailto:e.n.agdantseva@gmail.com)

## **RADIATION-INDUCED ADAPTIVE RESPONSE OF HELA CELLS AND DERMAL HUMAN FIBROBLAST**

Agdantseva E.N.\* , Ivanov B. Yu. Baranova A.A., Ulitko M.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In the work, we investigate the adaptive response of Hela cells and dermal human fibroblast on exposure of LDR. The culture cells were irradiated on an Xstrahl 300, which produces X-rays with 200 keV energy. Studies have shown that adaptive response induced by Low-dose radiation (LDR) is manifested in DHF cells. LDR does not induce the radioadaptive response in tumoral Hela cells. We have found an increase in the radiosensitivity to ionizing radiation in Hela cells.

Различные эффекты малых и высоких дозы излучения были признаны примерно два десятилетия назад [1]. Вопрос о биологических эффектах ионизирующего излучения малой дозой по-прежнему является предметом многочисленных дискуссий. В последние годы в радиобиологии были открыты новые эффекты воздействия ионизирующего излучения в области малых доз. К ним относятся эффект гормезиса, адаптивный ответ, гиперчувствительность [2]. Все это приводит к изменению радиочувствительности биологического объекта и

поэтому требует детального исследования. Однако способность малых доз индуцировать адаптивный ответ зависит от нескольких факторов, включая типы клеток [3]. Если малые дозы индуцируют адаптивный ответ только в нормальных, но не в опухолевых клетках, мы сможем индуцировать адаптивный ответ у больных раком. В конечном счете, эффективность лучевой терапии для опухолевых клеток может быть повышена за счет увеличения дозы лучевой терапии.

Целью работы является исследование адаптивного ответа биообъектов.

В качестве исследуемых биологических объектов были выбраны дермальные фибробласты человека и опухолевые клетки линии Hela. В качестве источника ионизирующего излучения использовался рентгеновский аппарат Xstrahl 300 который производит рентгеновское излучение с энергией 200 кэВ. Мы измеряли соотношение живых и мертвых клеток с использованием камеры Горяева.

По результатам выполненной работы были построены графики зависимости «Доза-эффект». Полученные экспериментальные результаты показывают наличие адаптивного ответа у клеток DHF, но не обнаружили адаптивный ответ в клетках линии Hela. Так же мы обнаружили увеличение радиочувствительности к ионизирующему излучению в клетках линии Hela.

1. T. D. Luckey, Physiological benefits from low levels of ionizing radiation. Health Phys. 43, 771–789 (1982).
2. Kudreshov Y.B. Radiation Biophysics (Ionizing Radiation). Tutorial - М.: Изд. Univ 2004, p. 448
3. Jiang H, Li W, Li X, Cai L, Wang G. Low-dose radiation induces adaptive response in normal cells, but not in tumor cells: in vitro and in vivo studies. J Radiat Res. 2008;49(3):219-230.

# СТОХАСТИЧЕСКАЯ ВОЗБУДИМОСТЬ И ПЕРЕХОД К ХАОСУ В ДИСКРЕТНОЙ НЕЙРОННОЙ МОДЕЛИ

Насырова В.М.<sup>\*</sup>, Ряшко Л.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nasyrova.ven@yandex.ru](mailto:nasyrova.ven@yandex.ru)

## STOCHASTIC EXCITABILITY AND TRANSITION TO CHAOS IN A DISCRETE NEURAL MODEL

Nasyrova V.M.<sup>\*</sup>, Ryashko L.B.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. We study the phenomena of excitability and transition to chaotic oscillations in neuronal activity. We use the two-dimensional discrete model of Rulkov to describe these phenomena. Method of direct numerical simulation and stochastic sensitivity function technique are used to analyze the transition from order to chaos.

Изучение поведения нейронов в последнее время привлекает не только биологов, но и многих физиков и математиков. Одним из самых важных свойств нейрона является возбудимость. Модели нейронной активности в математике описывают это свойство различными нелинейными динамическими системами, которые могут состоять из дифференциальных уравнений или дискретных отображений. Дискретные нейронные модели имеют одно важное преимущество: в отличие от непрерывных моделей они при меньшей размерности системы могут демонстрировать более сложные режимы нейронной активности. Среди таких моделей внимание привлекает одна феноменологическая модель – модель Рутькова [1-3]. Интересным является то, как под воздействием случайных возмущений, в данной модели начинают наблюдаться различные индуцированные шумом переходы от порядка к хаосу (например, от периодических осцилляций к хаотическим осцилляциям). Данные явления можно изучать с помощью метода численного моделирования, однако данный метод для параметрического анализа является очень затратным. Одним из эффективных методов для изучения механизмов переходов является метод функции стохастической чувствительности (ФСЧ) [4-5].

Целью работы является исследование двумерной модели Рутькова в зонах, где наблюдаются переходы от порядка к хаосу под воздействием случайных возмущений. Используя метод ФСЧ, изучается изменение геометрических осцилляций в зависимости от интенсивности шума, демонстрируются переходы к хаосу.

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-11-10098).*

1. Rulkov N.F., Phys. Rev. Lett., 86, 183 (2001).
2. В.М. Насырова, Л.Б. Ряшко, И.Н. Цветков, CEUR Workshop Proc., 1894, 302 (2017).
3. Lev Ryashko, Venera Nasyrova, AIP Conf. Proc., 1886, 020086 (2017).
4. Bashkirtseva I., Ryashko L., Tsvetkov I., Dyn. Cont. Discr. Impul. Syst., Ser. A: Math. Analysis, 17, 501 (2010).
5. Bashkirtseva I., Ryashko L., Physica A: Stats, 410, 236 (2014).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ СО СЛУЧАЙНЫМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ**

Колиниченко А.П.<sup>\*</sup>, Ряшко Л.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kolinichenko\\_ale@hotmail.com](mailto:kolinichenko_ale@hotmail.com)

## **ANALYSIS OF THE SPATIOTEMPORAL SELF-ORGANIZATION IN STOCHASTICALLY FORCED SYSTEMS**

Kolinichenko A.P.<sup>\*</sup>, Ryashko L.B.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In many fields of science a plethora of interesting phenomena linked with spatiotemporal pattern formation were discovered. The mechanisms of the pattern formation in stochastic systems, as well as the means to control them are a particularly interesting and actual field of research. In this paper, we analyze the spatial structures in the distributed “predator-prey” model with diffusion and compare results with the previously analyzed distributed Brusselator model.

В настоящее время во многих областях физики, техники, химии и биологии обнаружены новые интересные явления, связанные с пространственно-временной самоорганизацией [1]. Исследования разнообразия форм пространственных структур, вызывающих их причин и способов управления такими структурами является актуальной исследовательской задачей. Анализ дополнительных факторов, связанных с учетом результатов воздействия случайных возмущений на механизмы структурообразования, вызывает здесь особый интерес.

В данной работе изучение возможных пространственных структур и исследование механизмов их формирования проводится на базе распределенной динамической диффузионной модели “хищник-жертва”. В работе найдена параметрическая зона, отвечающая тьюринговской неустойчивости. Получено описание формируемых в этой зоне пространственных структур, исследованы их

геометрические характеристики, проведен вероятностный анализ наблюдаемых эффектов, связанных с воздействием случайных возмущений.

Проведено сравнение полученных результатов с материалами ранее проведенных исследований диффузионного брасселятора.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-11-10098).*

1. G. Nicolis, I. Prigogine. Self-Organization in Nonequilibrium Systems. Wiley, New York, 1977.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА НА ПСЕВДО-ЭКГ**

Разумов А.А.<sup>1\*</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [airplaneless@yandex.ru](mailto:airplaneless@yandex.ru)

## **INFLUENCE OF HEART VENTRICULAR ANATOMY TO PSEUDO-ECG**

Razumov A.A.<sup>1\*</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

We developed an idealized model of the both ventricle of the human heart. The model allows to set 7 heart geometry parameters and is surrounded by a conductive medium. Applying the model, we performed computational experiments with a normal and a pathological anatomy for evaluation of the influence of the heart geometry to the pseudo-ECG. During the computational study, we reveal relationships between myocardial mass and amplitude, which described by a linear function on certain activation conditions. Also, we observed the inversion of the T-wave by anatomical reasons.

Диагностике заболеваний по данным электрокардиограммы более 80 лет. Тем не менее все еще существуют вопросы о связи физиологических особенностей миокарда с наблюдаемыми на ЭКГ паттернами. Например, масса миокарда является главным критерием для выявления гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП). На данный момент этот диагноз определяется по данным эхокардиографии, компьютерной или магнитно-резонансной томографии. Однако, для электрокардиографии чувствительность существующих диагностических критериев не превышает 59% [1].

В нашем исследовании мы изучаем влияние толщины и массы миокарда на псевдо-ЭКГ в рамках идеализированных компьютерных моделей желудочков сердца человека. Разработанная нами модель сердца включает в себя левый и правый желудочки сердца, помещенные в объемный проводник в виде куба. В модели возможно варьирование толщины стенок миокарда, высоты и диаметра левого и правого желудочка. Корректность и реалистичность параметров модели контролируется в соответствии с американским руководством по эхокардиографии [2]. Для моделирования электрофизиологии сердца использовалась бидоменная модель миокардиальной ткани и клеточная модель электрофизиологии человеческих желудочковых кардиомиоцитов ten Tusscher, et. al, 2006. Расчет производился методом конечных элементов с использованием открытого программного обеспечения Oxford Chaste на тетраэдральных сетках, построенных в GMSH и Ani3D.

Используя разработанную модель мы рассчитали псевдо-ЭКГ на поверхности объемного проводника для геометрий сердца, соответствующих нормальной анатомии и патологической анатомии при ГКМП. Начальная точка активации в моделях соответствует обычному расположению электродов имплантируемых устройств.

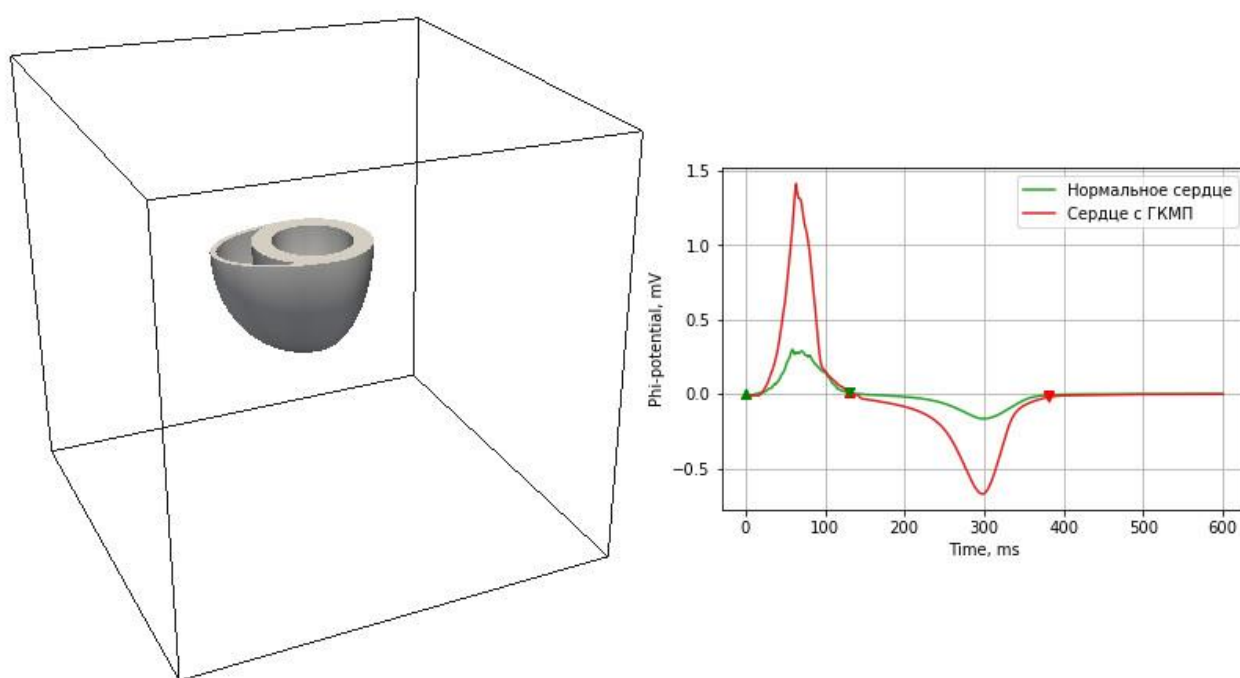


Рис. 1. слева: Геометрическая модель, справа: Псевдо-ЭКГ со стороны основания сердца на поверхности куба при точечной активации на свободной стенке эндокарда левого желудочка

Было обнаружено, что амплитуды псевдо-ЭКГ линейно зависят от толщины стенки и массы желудочков в случае активации желудочков более чем из одной точки на всей поверхности объемного проводника ( $R$ -квадрат  $> 0.98$ ). При акти-



вации только из одной точки, амплитуда также растет по линейному закону в зоне объемного проводника, противопоставленного точке активации в модели. Для остальных регионов зависимости существенно нелинейны ( $R$ -квадрат  $< 0.4$ ). Также объясняется инверсия Т-волны при утолщении стенки левого желудочка.

Мы установили, что ЭКГ более чувствительна к изменению массы миокарда при односточечной активации.

Таким образом, мы полагаем, что установленные нами зависимости могут быть использованы для разработки новых диагностических критериев для применения в клинической практике.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президиума РАН 1.33П и постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006. Мы использовали вычислительный кластер Уральского Федерального Университета и суперкомпьютер “УРАН” института математики и механики Уральского отделения Российской академии наук*

1. Sohaib S. M. A. et al. Electrocardiographic (ECG) criteria for determining left ventricular mass in young healthy men; data from the LARGE Heart study //Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance. – 2009. – Т. 11. – №. 1. – С. 2. (2009)
2. Lang R. M. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging //European Heart Journal-Cardiovascular Imaging. – 2015. – Т. 16. – №. 3. – С. 233-271. (2015)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТОХАСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИСКРЕТНОЙ ПОПУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

Романюк Г.О.\*, Ряшко Л.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [g.rommi@mail.ru](mailto:g.rommi@mail.ru)

## **MODELING AND STOCHASTIC ANALYSIS OF THE DISCRETE POPULATION MODEL**

Romanyuk G.O., Ryashko L.B

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The discrete-time Holling's predator-prey system under the influence of random perturbations is studied. Bifurcation diagram is presented. For the attractors of this model, the stochastic sensitivity analysis is carried out.

В работе рассматривается дискретная популяционная модель хищник-жертва, предложенная Холлингом:

$$\begin{cases} x_{t+1} = ax_t(1 - x_t) - \frac{bx_t y_t}{1 + \varepsilon x_t} \\ y_{t+1} = \frac{dx_t y_t}{1 + \varepsilon x_t} \end{cases}$$

Целью настоящей работы являлось исследование динамических режимов модели как в детерминированном случае, так и под воздействием малых случайных возмущений. Были найдены неподвижные точки и их области устойчивости. В области неустойчивости нетривиального равновесия были численно найдены аттракторы: дискретные цикл, замкнутая инвариантная кривая. Для выбранного сечения построена бифуркационная диаграмма. Так же построены фазовые портреты в некоторых характерных или наиболее интересных случаях.

Исследован переход от замкнутой инвариантной кривой к дискретному циклу в детерминированном случае, для чего построены диаграммы плотности распределения точек (состояний системы) на замкнутой инвариантной кривой.

Исследованы процессы, происходящие в системе под действием случайных возмущений. Построены фазовые портреты в этом случае. Построена бифуркационная диаграмма с шумом. Для устойчивых положений равновесия и дискретных циклов найдены доверительные эллипсы. Показан обратный переход под действием случайных возмущений от дискретного цикла к замкнутой инвариантной кривой.

Использованный в данном исследовании программный комплекс универсален и может быть использован в дальнейшем для исследования других дискретных популяционных моделей.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №16-11-10098).*



# ЭПР-ДОЗИМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕФЛОНОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Попова М.А.<sup>\*</sup>, Тыщенко И.С.

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mari.mashapopova@mail.ru](mailto:mari.mashapopova@mail.ru)

## ESR-DOSIMETRY OF IONIZING RADIATION WITH THE HELP OF TEFLON DETECTORS

Popova M.A.<sup>\*</sup>, Tyschenko I.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The abstract is devoted to the method of measurement of absorbed dose of ionizing radiation with the help of an ESR-spectrometer “Minsk-12M”. It is based on the determination of calibration curve for the device using teflon detectors and comparison of its obtained spectra with reference data for alanine dosimeters.

ЭПР-дозиметрия ионизирующих излучений (ИИ) получила широкое применение в исследованиях после открытия явления электронного парамагнитного резонанса Е.К. Завойским в 1944. На сегодняшний день в практике определения поглощенной дозы ИИ (ПДИИ) применяются такие способы как: фотографический, ионизационный, термолюминесцентный. Метод определения ПДИИ с помощью явления ЭПР обеспечивает более точные значения (погрешность менее 5%) в диапазоне доз 5-200 кГр. До настоящего времени в России ЭПР-дозиметрия не получила широкого распространения из-за отсутствия приборной базы и высокой стоимости импортных ЭПР-спектрометров.

Целью работы являлось изучение возможности применения ЭПР-дозиметрии для измерения ПДИИ электронного излучения при стерилизации медицинских изделий в ЦРС УрФУ с помощью тефлоновых детекторов.

В работе был использован ЭПР-спектрометр «МИНСК–12М», предоставленный кафедрой экспериментальной физики ФТИ УрФУ. Для исследований характеристик и проверки возможности корректной работы ЭПР-спектрометра в режиме измерений доз ИИ использовались аланиновые детекторы (в виде полосок) производства BRUKER, эталон  $Mn^{2+}$  в  $MgO$  и образцы тефлона совместно с пленочными дозиметрами СО ПД(Ф)Р – 5/50, являющимися государственным образцом фотонного и электронного излучений.

Аланин под действием ИИ образует стабильный свободный радикал, дающий характерный ЭПР-сигнал, интенсивность которого пропорциональна поглощенной дозе и не зависит от мощности и энергии излучения [1]. На спектрометре «МИНСК–12М» спектры аланина и эталона  $Mn^{2+}$  в  $MgO$  сравнивались с литературными данными. Так как аланиновые детекторы достаточно дороги и их сложно приобрести было принято решение найти более дешевые ве-

щества, пригодные для рутинной дозиметрии. В данной работе в качестве таких детекторов используется тефлон, дающий характерный ЭПР-сигнал, интенсивность которого увеличивается с ростом поглощенной дозы. Его образцы облучались в ЦРС УрФУ в диапазоне доз от 14 до 65 кГр. По данным измерений ЭПР-спектров и пленочных дозиметров построена дозовая зависимость, играющая роль градуировочной кривой для тефлоновых детекторов, получена аналитическая зависимость амплитуды пика в сигнале ЭПР от дозы. Результаты исследований основных технических параметров ЭПР-дозиметра показали возможность его применения для решения задач в области высокодозной дозиметрии квантовых излучений с помощью тефлоновых детекторов.

*Авторы благодарят профессора И.И. Мильмана за помощь в исследованиях.*

1. Desrosiers M.F., Peters M., Puhl J.M., Radiation Physics and Chemistry, 78, 465-467 (2009).

## **PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF E-CIGARETTE AEROSOLS IN INDOOR AIR**

Hyam Nazmy<sup>1,2\*</sup>, M. Y.A. Mostafa<sup>1,2</sup>, M. Zhukovsky<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Minia University, El-Minia, Egypt

<sup>2</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

E-mail: [hyamnazmy@mail.ru](mailto:hyamnazmy@mail.ru)

Size distribution of inhalable aerosols is the most significant factor to predict aerosol deposition yield at various respiratory tract locations in human. Recently, electronic cigarette (EC), as the alternative of tobacco cigarette, is increasingly popular all over the world. However emissions from ECs may contribute to both indoor and outdoor air pollution and the number of users is increasing rapidly. In this investigation, mainstream aerosols generated from electronic cigarette were characterized in terms of particle number concentrations and size distributions by using diffusion aerosol spectrometer (DAS). DAS can be assessing in the range from  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  to 10  $\mu\text{m}$ . Maximum number concentration of injected aerosol particles around  $4 \times 10^4$  particles/ $\text{cm}^3$ , most of these particle concentrations within the ultra fine particles (UFP) size range (0 to 0.2  $\mu\text{m}$ ) and the other in the size range from 0.3 to 1  $\mu\text{m}$ , as described in figure 1, a. Figure 1, b present the number size distribution of the injected aerosol particles from electronic cigarette as a function of time after aerosol injection. With time, the size mode of the particle number is less than 0.2  $\mu\text{m}$  (UFP). The mass and the surface size distributions is presented and compared with bi-modal distribution.

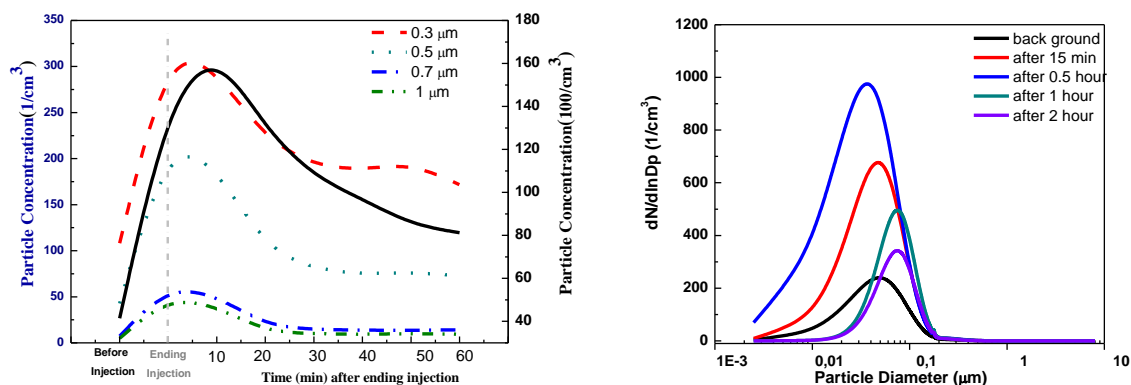


Fig. 1. a) Aerosol particles concentration using DAS before, during and after aerosol injection from electronic cigarette.  
b) The number size distribution of the injected aerosol particles as a function of time after aerosol injection

## ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 0,1 ГЦ ДО 3 ГЦ

Чубаров В.А. \*, Волков А.С.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [valery.chubarov@gmail.com](mailto:valery.chubarov@gmail.com)

## TIME DYNAMICS OF DIELECTRIC PROPERTIES OF BIOLOGICAL TISSUE IN THE RANGE OF 0,01HZ TO 3 GHZ

Chubarov V.A. \*, Volkov A.S.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,  
Arkhangelsk, Russia

The frequency dependences of the real part of the complex dielectric permittivity of a cut of a biological object in the frequency range from 10 mHz to 3 GHz are investigated. Three dispersion regions were found and their parameters were determined in accordance with the Havriliak-Negami frequency dispersion model. The time dependence of these properties is investigated.

Как известно, пассивные электрофизические свойства биологических тканей, такие как удельная электрическая проводимость  $\sigma$  и диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$ , зависят от состава внутриклеточной и внеклеточной жидкости и целостности клеточных мембран [1]. В медико-биологических исследованиях основное внимание уделяют либо частотной зависимости импеданса, либо значениям удельной электрической проводимости биологической ткани в некотором частотном диапазоне или на фиксированной частоте. В то же время на ча-

стотные зависимости частот комплексной диэлектрической проницаемости обращается значительно меньше внимания.

Нами были исследованы временные и частотные зависимости электрофизических свойств биологических тканей (срез картофеля, срез куриной печени, кожица репчатого лука, подскорлуповая оболочка куриного яйца). Исследования проводились с помощью диэлектрического спектрометра Novocontrol Concept 80 в диапазоне частот от 10 мГц до 3 ГГц при комнатной температуре, снимались значения  $\sigma$ , действительной  $\varepsilon'$  и мнимой  $\varepsilon''$  частей комплексной диэлектрической проницаемости в течение нескольких часов через определённые промежутки времени.

На рис. 1 представлена частотная зависимость  $\lg \varepsilon'$  среза картофеля, а также временная зависимость  $\lg \varepsilon'$  на частотах переменного электрического поля 0,1 Гц и  $10^6$  Гц.

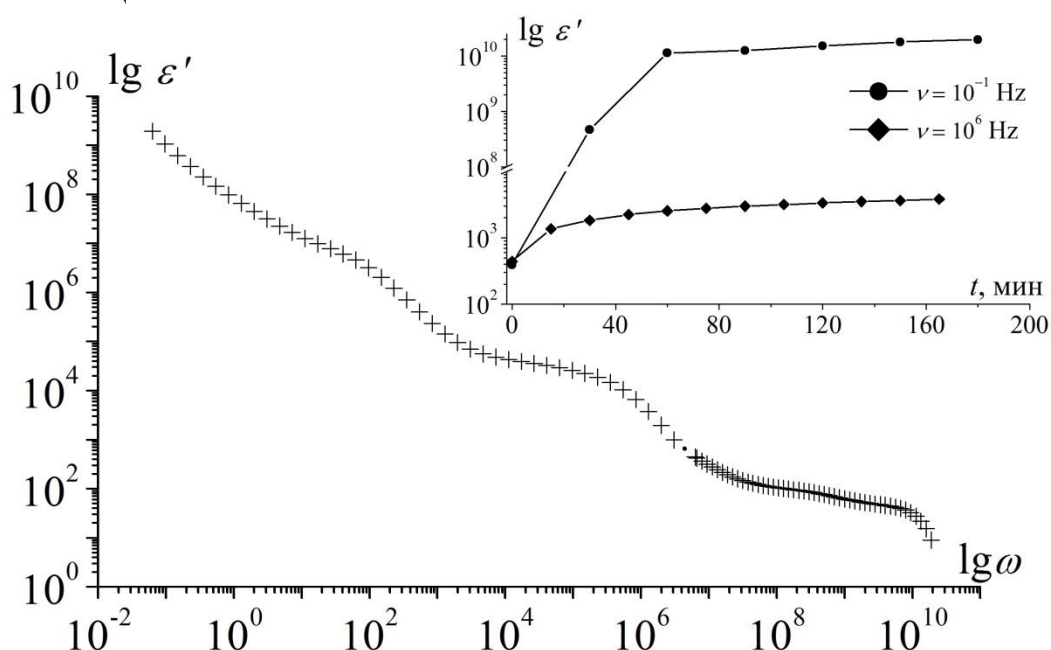


Рис. 1. Частотная и временная зависимости действительной части комплексной диэлектрической проницаемости среза картофеля при комнатной температуре

На зависимости  $\lg \varepsilon' = f(\lg \omega)$  можно выделить три дисперсионные области. В диапазоне  $10^{-2} \div 10^4$  рад/с наблюдается область  $\alpha$ -дисперсии, обусловленная поляризацией целых клеток в результате диффузии ионов.  $\beta$ -дисперсия, возникающая за счет поляризации клеточных мембран, белков, фосфолипидов и других мелких субклеточных структур, проявляется на частотах от  $10^5$  до  $10^9$  рад/с. В диапазоне частот выше  $10^9$  рад/с проявляется  $\gamma$ -дисперсия, связанная с ориентационной поляризацией молекул связанной и свободной воды, сахаридов, аминокислот и других низкомолекулярных веществ. Следует заметить, что каждая из областей дисперсии может быть обработана в соответствии с моделью Гавриляка-Негами [2], дисперсионные параметры каждой области различаются.

На временной зависимости обращает на себя внимание рост значений  $\varepsilon'$  со временем, связанный с выходом из поврежденных мембран во внеклеточное пространство электролитов и других клеточных жидкостей.

1. Тарусов Б.Н. Биофизика, Высшая Школа (1968).
2. Havriliak S., Negami S. J. Polim. Sci. C., 14, 99 (1966).

## **СТОХАСТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ВБЛИЗИ БИФУРКАЦИИ «КАТАСТРОФЫ ГОЛУБОГО НЕБА» В МОДЕЛИ НЕЙРОНА**

Ряшко Л.Б., Слепухина Е.С.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Evdokia.Slepukhina@urfu.ru](mailto:Evdokia.Slepukhina@urfu.ru)

## **STOCHASTIC OSCILLATIONS NEAR THE “BLUE SKY CATASTROPHE” BIFURCATION IN NEURON MODEL**

Ryashko L.B., Slepukhina E.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. We study the stochastic Hindmarsh-Rose neuron model near the “blue sky catastrophe” bifurcation. This specific bifurcation describes a particular type of transition between tonic spiking and bursting oscillations in the considered model. We show that noise can induce the changes of frequency and amplitude characteristics of bursting oscillations in this model. Moreover, in the parameter zone of tonic spiking regime, the increase of the noise intensity can lead to the stochastic generation of bursting oscillations. We perform the analysis of these phenomena on the base of the stochastic sensitivity functions technique and the confidence domains method.

Осцилляционная активность имеет важное значение в функционировании нервных клеток. Нервная ткань может генерировать колебательную активность как внутри отдельных клеток, так и в результате взаимодействия нейронов между собой. В результате экспериментальных и теоретических исследований нейронной активности было обнаружено большое разнообразие типов осцилляций. В настоящее время для описания сложных колебательных процессов и тонких механизмов переходов между ними широко используются математическое моделирование, теория динамических систем и бифуркаций. В рамках этого подхода нервная клетка рассматривается как динамическая система, и ее поведение связывают с различными бифуркациями и сложными динамическими решениями системы.

В докладе изучается воздействие случайных возмущений на модифицированную модель нейрона Хиндмарш-Роуз [1] близи необычной бифуркации, называемой «катастрофой голубого неба» [2]. Эта бифуркация описывает особый вид перехода между тоническими спайковыми и пачечными колебаниями в детерминированной модели. Показывается, что действие шума на рассматриваемую систему может привести к различным стохастическим феноменам. В зоне пачечных колебаний воздействие случайных возмущений может привести к изменениям частотных и амплитудных характеристик осцилляций, таким как сокращение длительности активной фазы бёрста или уменьшению среднего числа спайков в пачке. В параметрической зоне, соответствующей спайковым колебаниям, увеличение интенсивности шума может вызвать стохастическую генерацию пачечных колебаний. Проводится анализ механизмов возникновения этих индуцированных шумом явлений с помощью плотностей распределения случайных траекторий, статистических методов межспайковых интервалов, спектральной плотности мощности и техники функций стохастической чувствительности и доверительных областей [3,4].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-11-10098).*

1. Hindmarsh J. L., Rose R. M., Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci., 221, 87 (1984).
2. Shilnikov A., Kolomiets M., Int. J. Bifurcation Chaos, 18, 2141 (2008).
3. Bashkirtseva I. A., Ryashko L. B., Math. and Comp. in Simulat., 66, 55 (2004).
4. Ryashko L., Slepukhina E., Phys. Rev. E, 96, 032212 (2017).

## **ИЗМЕРИТЕЛЬ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ С ГОЛОСОВЫМ СОПРОВОЖДЕНИЕМ**

Хаймин А.М. \*, Гагин С.В., Хохлов К.О., Смирнов А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [anvem@mail.ru](mailto:anvem@mail.ru)

## **MEASURING ARTERIAL PRESSURE WITH VOICE SUPPORT**

Khaimin A.M. \*, Gagin S.V., Khokhlov K.O., Smirnov A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The project is devoted to the development of a blood pressure monitor with a voice guidance that would help visually impaired or blind people to take blood pressure measurements.



Одним из самых простых и распространённых методов определения состояния кровеносной системы является измерение артериального давления. Миллионы людей каждый день проводят измерения кровяного давления при помощи обычных бытовых тонометров, однако, многие потребители (особенно престарелого возраста) сталкиваются с проблемами во время измерений, а также существует множество людей с проблемами со зрением, которые не могут легко считать показания с небольших экранов приборов. Таким образом, в данном проекте мы поставили перед собой задачу спроектировать измеритель артериального давления с голосовым аудио сопровождением.

Работа прибора будет основана на неинвазивном осциллометрическом методе измерения кровяного давления, суть которого заключается в анализе пульсаций давления, возникающих в манжете, сжимающей артерию, в режимах компрессии или декомпрессии воздуха.

Составными частями измерителя артериального давления будут являться датчик давления, микроконтроллер, цифровой индикатор, блок питания, блок управления клапаном и мотором, mp3 плеер, динамик, схема фильтрации, усиления, а также выделения осцилляций на фоне постоянной составляющей давления.

Планируется заложить в конструкцию прибора возможность будущих модернизаций –, например, экспорт данных на внешние носители информации, подключение к устройствам по протоколу Bluetooth и так далее.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НАНОПОРОШКОВ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ**

Злыгостева О.А.<sup>1\*</sup>, Соковнин С.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [zlygosteva13@mail.ru](mailto:zlygosteva13@mail.ru)

## **USE OF NANOPOWDERS FOR TARGETED DRUG DELIVERY**

Zlygosteva O.A.<sup>1\*</sup>, Sokovnin S.U.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> The Institute of Electrophysics UD RAS, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The research of advantages of nanopowder and requirements for targeted drug delivery. The analysis of mesoporous silica nanopowder doped with manganese dioxide produced by a pulsed electron beam evaporation as a potential delivery system.

За последние несколько десятилетий число исследований по сферам применения нанопорошков растет в геометрической прогрессии, что обуславливает высокий интерес к данной тематике [1].

Нанопорошки (НП) имеют высокий потенциал применения в медико-фармацевтической сфере ввиду размеров частиц, соизмеримых с клеточными структурами, а также повышенной биодоступности и способности вызывать окислительный стресс. Наряду с терапевтическими (гипертермия) и диагностическими сферами применения (контрастирование при магнитно-резонансной томографии, магнитная сепарация), развивающимся направлением применения НП является адресная доставка лекарственных веществ [2].

Потенциал систем доставки лекарств, основанных на использовании НП, обусловлен значительными преимуществами, такими как: способность накапливаться в конкретных местах - мишенях в организме; уменьшение количества лекарства, необходимого для достижения определенной концентрации в непосредственной близости от мишени; снижение концентрации препарата в нецелевых участках, сводя к минимуму серьезные побочные эффекты [3]. Однако, для обеспечения эффективной доставки лекарств к потенциальным НП предъявляются строгие требования: низкая токсичность системы по отношению к организму; доступный способ нацеливания и ведения до целевой области; контролируемое биоразложение или выведение после процесса доставки; эффективная инкапсуляция лекарственных средств с возможностью загрузки большого объема лекарственного вещества; контролируемое высвобождение инкапсулированного лекарственного вещества в целевой области [4].

В работе исследуется мезопористый НП диоксида кремния, допированный диоксидом марганца, полученный испарением импульсным электронным пучком в газе низкого давления [5]. Полученные НП являются перспективной системой для направленной доставки лекарств ввиду высокой пористости (22,6 нм), высокой площади удельной поверхности (128,8 м<sup>2</sup>/г).

В работе были проведены эксперименты по стабилизации водных суспензий НП с использованием стабилизаторов различной природы, а также исследование влияния озвучивания суспензии ультразвуком на стабильность и структуру НП.

1. Pankhurst Q., Connolly J. et al., Journal of physics, 36, 167 (2003).
2. Ito A., Shinkai M. et al., Journal Of Bioscience And Bioengineering, 1, 1 (2005).
3. Guillet-Nicolas R., Laprise-Pelletier M. et al., Nanoscale, 13 (2013).
4. Arruebo M., Fernandez-Pacheco R. et al., Nanotoday, 12, 22 (2017).
5. Соковнин С.Ю., Ильвес В.Г., Применение импульсного электронного пучка для получения нанопорошков некоторых оксидов металлов, РИО УрО РАН (2011).
6. Злыгостева О.А., Соковнин С.Ю., Ильвес В.Г., Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов, 9, 199 (2017).



# **РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ЖИЗНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА. ИЗМЕРЕНИЕ БИОПОТЕНЦИАЛОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

Липатникова А.В.\*, Хохлов К.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [NL95@yandex.ru](mailto:NL95@yandex.ru)

## **DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL DEVICE FOR MONITORING HUMAN VITAL SIGNS. BIOPOTENTIALS AND TEMPERATURE MEASUREMENT**

Lipatnikova A.V., Khokhlov K.O.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The goal of the work is to develop a device that allows measuring such physiological indices as ECG, skin resistance and body temperature.

На сегодняшний день невозможно представить медицину без применения электронной медицинской диагностической аппаратуры, основной задачей которой является контроль состояния здоровья человека с целью выявления патологических процессов и прогнозирования их развития.

Целью данной работы является разработка устройства, позволяющего измерять такие физиологические показатели человека, как электрическую активность сердца, сопротивление кожи и температуру тела. При этом устройство должно быть компактным и иметь возможность применения в домашних условиях.

Актуальность работы обусловлена тем, что интерес к здоровью у людей возрос, и в мире разрабатывается множество компактных «умных» устройств, способных снимать различные физиологические показатели человека, однако цена таких устройств очень высокая, а представителей российских производителей на рынке очень мало. Поэтому отличительной чертой разрабатываемого устройства будет его высокая мобильность, компактность и низкая себестоимость.

Таким образом, была поставлена задача разработки многофункционального прибора контроля жизненных показателей человека, а, в частности, следующих его частей:

- датчик измерения ЭКГ;
- датчик измерения сопротивления кожи;
- датчик температуры;
- блок питания устройства.

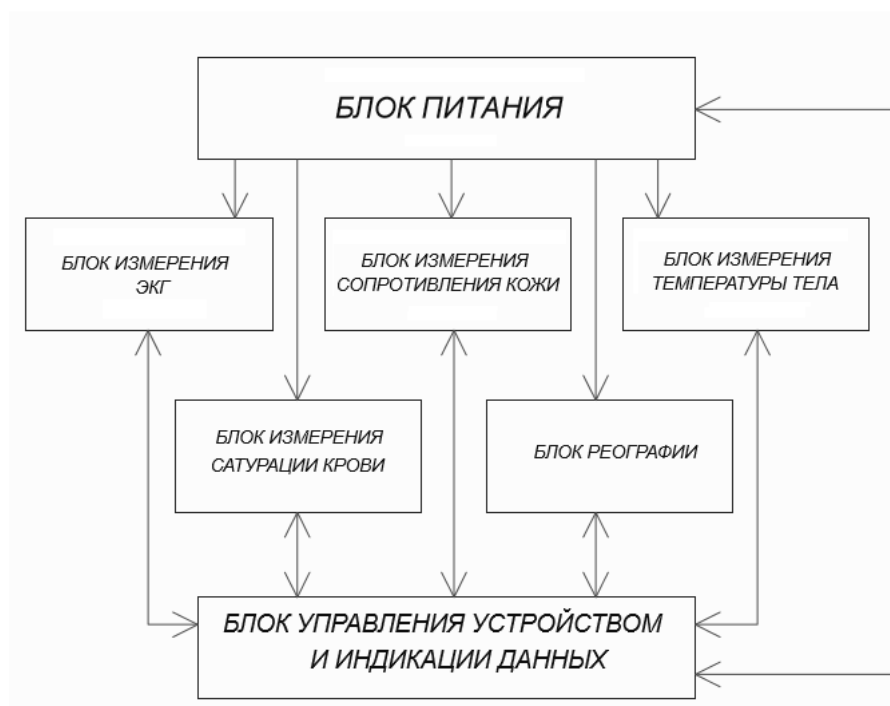


Рис. 1. Блок-схема проекта

Для выполнения поставленных задач были составлены соответствующие требования к компонентам устройства, к которым относятся: доступность на рынке, невысокая цена, стабильные характеристики.

Данное устройство призвано не только оберегать здоровье людей, но и помогать в восстановлении. Данное утверждение обосновывается тем, что в походных условиях (в которых достаточно часто находятся, например, туристы или военные, участники экспедиций) нет абсолютно никаких условий для проведения крайне быстрой диагностики основных жизненных показателей, так как удаленность от населенных пунктов определяет количество предметов, которые берут с собой люди. Поэтому, данный многофункциональный прибор, являясь не только очень легким, мобильным, но и носимым, а также обладая огромным диагностическим потенциалом, позволит произвести мониторинг здоровья человека мгновенно, и без какой-либо предварительной подготовки.

# **РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ЖИЗНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА. ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИЯ**

Шубин А.В.\*, Хохлов К.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [causeLove95@yandex.ru](mailto:causeLove95@yandex.ru)

## **DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL DEVICE FOR MONITORING HUMAN VITAL SIGNS. PHOTOPLETHYSMOGRAPHY**

Shubin A.V., Khokhlov K.O.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The target of this work is development of inexpensive, simple and available device for monitoring human vital signs, such as popular fitness trackers, but with greater potential.

В современном обществе все больше и больше внимания уделяется человеческому здоровью. В связи с этим в последнее время на потребительском рынке возникло множество носимых устройств, которые обладают способностью проводить оценочные измерения параметров человеческого организма. Таким образом, актуальность данной работы обусловлена потребностями общемирового рынка носимой электроники.

Цель данной работы – спроектировать многофункциональное устройство, которое не будет уступать конкурентам самого высокого класса, а, даже, и превосходить их по некоторым параметрам. Устройство контроля жизненных показателей должно регистрировать основные характеристики тела человека, в частности, насыщение крови кислородом, а также число сердечных сокращений. Прибор должен также отображать зарегистрированные данные на своем экране. Отличительной чертой является мобильность, в частности – устройство сверхмобильное, относится к классу носимой электроники. Доступность компонентов для сборки должно определить низкую стоимость готового прибора.

Таким образом, была поставлена задача разработки многофункционального прибора контроля жизненных показателей человека, а, в частности, следующих его частей:

- датчик кровенаполненности сосудов;
- датчик пульса;
- датчик насыщения крови кислородом;
- датчик скорости распространения пульсовой волны;
- датчик артериального давления
- блок управления устройством;
- блок индикации жизненных показателей.

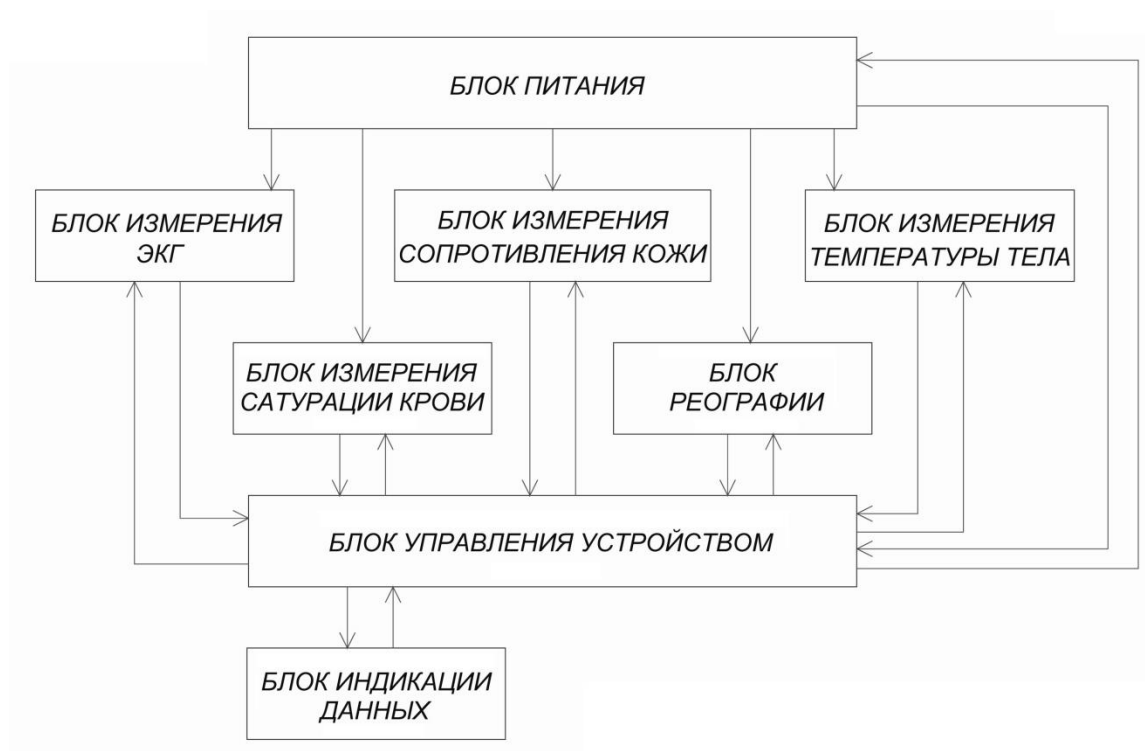


Рис. 1. Блок-схема проекта

Данное устройство призвано не только оберегать здоровье людей, но и помогать в восстановлении. Данное утверждение обосновывается тем, что в походных условиях (в которых достаточно часто находятся, например, туристы или военные, участники экспедиций) нет абсолютно никаких условий для проведения крайне быстрой диагностики основных жизненных показателей, так как удаленность от населенных пунктов определяет количество предметов, которые берут с собой люди. Поэтому, данный многофункциональный прибор, являясь не только очень легким, мобильным, но и носимым, а также обладая огромным диагностическим потенциалом, позволит произвести мониторинг здоровья человека мгновенно, и без какой-либо предварительной подготовки.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛИДОКАИНА НА СПОНТАННУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СЕРДЦА

Шмарко Д.В.<sup>1,2\*</sup>, Хохлова А.Д.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [d.shmarko@yandex.ru](mailto:d.shmarko@yandex.ru)

## MATHEMATICAL MODELING OF INFLUENCE OF LIDOCAINE ON SPONTANEOUS ELECTRICAL ACTIVITY OF THE HEART

Shmarko D.V.<sup>1,2\*</sup>, Khokhlova A.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The Maltsev-Lakatta model reproduces the experimental data of cessation of action potential (AP) generation at high lidocaine concentration. The model predicts that the delayed activation of the L-type calcium current mostly contributes to the disturbances of the AP generation when selective sodium channel blocker, lidocaine was applied. Simulations show that an increase in L-type calcium channel conductivity of 0.8% led to the AP recovering when sodium channel conductivity was decreased by 40%.

На сегодняшний день эффективным методом борьбы с фибрилляцией желудочков – причиной внезапной смерти, является применение лекарственного препарата лидокаина [1]. Однако механизм его действия на клетки синоатриального узла (САУ) сердца до конца не ясен.

Цель работы – исследование механизма влияния лидокаина на электрическую активность клеток САУ сердца методами математического моделирования.

Для моделирования влияния лидокаина на генерацию потенциала действия (ПД) клеток САУ были выбраны следующие математические модели: модель «мембранных часов» (Zhang [2]), не учитывающая внутриклеточную динамику ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , модель Алиева [3], учитывающая динамику ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и модель «кальциевых часов» (Мальцева и Лакатта [4]), в которой система высвобождения ионов  $\text{Ca}^{2+}$  работает в автоколебательном режиме.

Математические модели представляют собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями. Выбранные модели описывают генерацию ПД клетками САУ кролика при физиологической температуре 34–37°C.

Лидокаин является специфическим блокатором натриевых каналов, поэтому в каждой модели максимальная проводимость каналов к ионам натрия ( $g_{\text{Na}}$ ) была уменьшена на 25, 50, 75 и 100%. Результаты моделирования сравнивались с экспериментальными данными [5].

Для определения механизмов, которые вносят вклад в нарушение ритма при ингибировании натриевого тока был применен специальный математический метод интегралов разности токов [6].

Модель Мальцева и Лакатта оказалась единственной моделью, которая воспроизводила экспериментальный факт прекращения генерации ПД при концентрации лидокаина 1000 мкМ. В данной модели был оценён вклад изменения ионных токов в изменение мембранного потенциала при действии лидокаина. Было получено, что уменьшение натриевого тока замедляет генерацию ПД в клетках САУ. Такое изменение нормальной генерации ПД приводит к замедленной активации кальциевого тока L-типа, что вносит вклад в дальнейшее нарушение сердечного ритма.

Также в модели Мальцева и Лакатта были проведены дополнительные эксперименты по восстановлению генерации ПД. Результаты показывают, что при уменьшении  $g_{bNa}$  на 40% увеличение амплитуды деполяризующих токов ( $I_{bNa}$ ,  $I_{NaCa}$ ,  $I_{CaT}$ ,  $I_{CaL}$ ,  $I_{bCa}$ ,  $I_{st}$ ,  $I_f$ ) и уменьшение амплитуды реполяризующих ионных токов ( $I_{NaK}$ ,  $I_{Kr}$ ,  $I_{sus}$ ,  $I_{to}$ ) приводят к восстановлению электрической активности клеток САУ. Важным оказался тот факт, что модель Мальцева и Лакатта оказалась наиболее чувствительной к изменению кальциевого тока L-типа  $I_{CaL}$ . Увеличение проводимости  $g_{CaL}$  на 0.8% привело к восстановлению генерации ПД.

*Работа поддержана Постановлением Правительства РФ № 211 от 16.03.2013 и Программой Президиума РАН №27.*

1. Люсов В.А., Молчанов С.Н., Российский кардиологический журнал, 6, (2008).
2. Zhang H. et al. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 279, (2000).
3. Алиев Р. Р., Чайлахян Л. М. Доклад РАН, 402, (2005).
4. Maltsev V. A., Lakatta E. G. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 296, (2009).
5. Лебедева Е.А. Известия Коми научного центра, 3(15), (2013).
6. Solovyova O.E. et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2003).

# **ИЗУЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СОХРАНЕНИЯ РИА У ДРОЖЖЕЙ SACCHAROMYCES CEREVISIAE ПРИ СТИМУЛИРУЮЩЕМ ВОЗДЕЙСТВИИ МАЛОЙ ДОЗОЙ ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ $^{137}\text{Cs}$**

Коротовских О.И.\*, Вазиров Р.А., Баранова А.А., Рябухин О.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Olgastars10@mail.ru](mailto:Olgastars10@mail.ru)

## **THE STUDY OF LONG-TERM RETENTION OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE'S RIA AFTER A SMALL DOSE STIMULATION FROM $^{137}\text{Cs}$**

Korotovskikh O.I., Vazirov R.A., Baranova A.A., Ryabuhin O.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The subject of this research is stimulating effect of radiation's low doses on *Saccharomyces cerevisiae* and determination of radiation-induced adaptation (RIA) for long time intervals. Changing background radiation the increasing of living cells concentration can be observed. The effect is observed when exposed to a dose of 10 cGy

В настоящее время одним из актуальных направлений в радиобиологии является изучение действия «малых» доз ионизирующего излучения на биологические объекты. Вопрос о биологических эффектах действия «малых» доз ионизирующего излучения продолжает оставаться предметом многочисленных дискуссий по поводу их опасности для человека [1, 2]. В последние годы были открыты новые эффекты воздействия ионизирующего излучения, такие как эффект гормезиса, адаптивный ответ, гиперчувствительность [3]. Эти эффекты приводят к изменению радиочувствительности биологического объекта и требуют детального исследования [4, 5].

Целью данной работы является исследование стимулирующего влияния «малых» доз ионизирующего излучения (ИИ) и определение радиационно-индуцированной адаптации (РИА) на длительных интервалах времени.

За «малые» дозы принимаются такие, которые не вызывают заметных нарушений жизнедеятельности, это дозы от нескольких сГр до 1 Гр [6].

Облучение в «малых» дозах способно вызывать индуцированную резистентность – повышение устойчивости биологических объектов к экстремальным воздействиям. Общим критерием адаптивного ответа является изменение выживаемости после повторного действия ИИ. Его особенностью являются многократные различия в величинах адаптирующей и проявляющей доз облучения, а также фиксированные интервалы времени между двумя экспозициями. Радиорезистивность проявляется через 4-6 часов и может сохраняться от нескольких часов до месяцев [6].

Эффект воздействия «малых» доз радиации можно обнаружить при анализе числа клеток. Эффект регистрируется уже при действии в дозе 10 сГр [3].



В качестве объекта исследования удобно выбрать винные дрожжи штамма *Saccharomyces cerevisiae*[7]. Они обладают более высокой спиртоустойчивостью и способны подавлять микроорганизмы во время сбраживания вина [8]. В качестве источника излучения адаптирующих доз был выбран изотоп  $^{137}\text{Cs}$ .

При изменении радиационного фона наблюдается увеличение концентрации живых клеток в образце КГ2 по сравнению с контрольным образцом КГ1 в  $\approx 1,17$  раз, что свидетельствует о стимулирующем влиянии «малых» доз ионизирующего излучения на скорость деления дрожжевых культур. Воздействие «малых» доз ИИ на популяцию дрожжевых клеток вызывает АО на действие поражающего излучения при количественной оценки по показателю ФИД (фактор изменения дозы).

1. Богданов И.М., Сорокина М.А., Маслюк А.И., Бюллетень сибирской медицины., 2, с. 145-151 (2005) .
2. Сафонова В.Ю., Сафонова В.А., Биологические науки., с. 308-310.
3. Петин В.Г., Морозов И.И., Кабакова Н.М., Горшкова, Радиационная биология. Радиоэкология. 43, 2, с. 176-178. (2003).
4. Ивановский Ю.А., Вестник ДВО РАН., 6, с. 86-91 (2006).
5. Серебряный А.М., 21, 4, с. 399-404 (2011).
6. Кудряшов Ю.Б., Радиационная биофизика (ионизирующее излучение)., ФИЗМАТЛИТ, (2004) .
7. Горшкова Т.А. Комарова Л.Н., Кабакова Н.М., Петин В.Г., Пятый съезд по радиационным исследованиям., 1, с. 144 (2006).
8. Меледина Т.В., Дрожжи *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* морфология, химический состав. Университет ИТМО, (2015).



# ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСТОТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

Олонцева Д.А.<sup>\*</sup>, Волков А.С.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [dasha.olontseva81@gmail.com](mailto:dasha.olontseva81@gmail.com)

## TEMPERATURE-FREQUENCY DEPENDENCES OF THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF BIOLOGICAL TISSUE

Olonceva D.A.<sup>\*</sup>, Volkov A.S.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,  
Arkhangelsk, Russia

The electrophysical properties of biological tissues of plant and animal origin have been studied. The frequency dependences of the real and imaginary parts of the complex dielectric constant are approximated using the Havriliak-Negami model. The temperature dependences of the dispersion parameters are obtained.

Пассивные электрические свойства (импеданс, удельное сопротивление, диэлектрическая проницаемость) биологических тканей определяются, в основном, составом межклеточной и внутриклеточной жидкости, и зависят от целостности клеточных мембран. Механическое повреждение клеточных мембран, воздействие высокой или низкой температуры, а также другие факторы приводят к изменению электрофизических свойств биологических тканей, в том числе за счет выхода электролитов, содержащихся в клетке, в межклеточное пространство [1].

Исследование температурных зависимостей удельной электрической проводимости  $\sigma$ , действительной  $\epsilon'$  и мнимой  $\epsilon''$  частей комплексной диэлектрической проницаемости биологических тканей (срез картофеля, срез куриной печени) проводилось с помощью измерительного стенда, основой которого является измеритель иммитанса Е7-20. Температура образца, помещенного в измерительный конденсатор с золотыми электродами, изменялась с помощью климатической камеры ESPEC PG-2J. Частотный диапазон переменного электрического поля составлял от 25 Гц до 1 МГц. Измерения проводились от 20 °С в сторону увеличения (или уменьшения) температуры до 80 °С (или -40 °С), а затем опять до 20 °С, через каждые 10 °С.

Частотная зависимость  $\lg \epsilon'$  для образца среза картофеля при комнатной температуре и после заморозки до -40 °С с последующим нагреванием до комнатной температуры представлена на рис. 1а. На частотах меньше  $10^5$  рад/с наблюдается область  $\alpha$ -дисперсии, обусловленная поляризацией клеток и ионов, выше этой частоты находится начало области  $\beta$ -дисперсии [2]. Следует заметить, что охлаждение образца до -40 °С оказало влияние на значения  $\epsilon'$  именно в области

$\alpha$ -дисперсии. Это связано с разрушением целостности мембран клеток и выходом внутриклеточной жидкости во внеклеточное пространство. Доказательством последнего служит температурная зависимость действительной части диэлектрической проницаемости на циклической частоте 150 рад/с при охлаждении и последующем нагревании (рис. 1б).

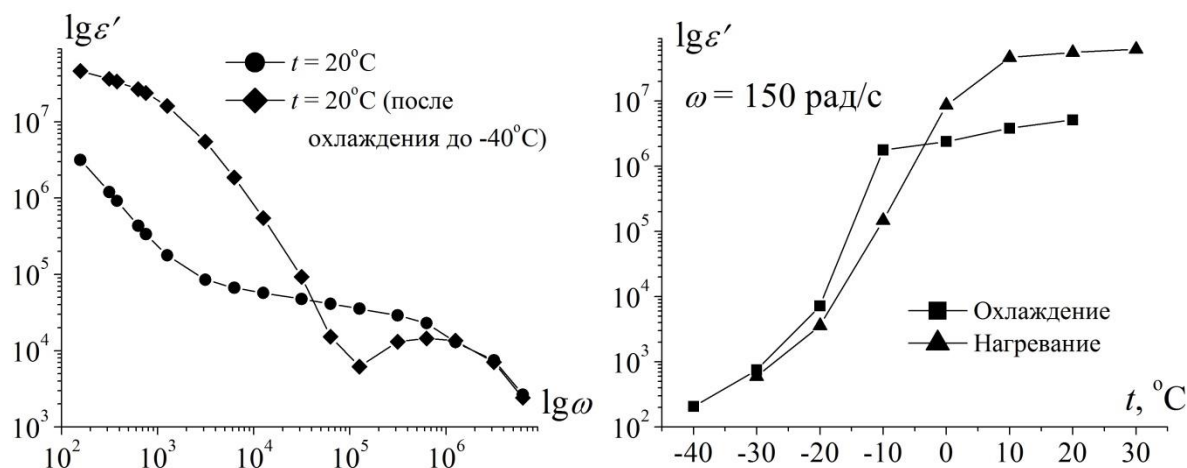


Рис. 1. Частотная (а) и температурная (б) зависимости  $\lg \varepsilon''$  среза картофеля

Частотные зависимости  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  в области  $\beta$ -дисперсии могут быть обработаны с помощью модели частотной дисперсии Гавриляка-Негами [3] методом компьютерного анализа [4], и в результате можно получить температурные зависимости дисперсионных параметров  $\alpha$  и  $\beta$ , времени релаксации  $\tau$ , значений статической  $\varepsilon_s$  и высокочастотной  $\varepsilon_\infty$  диэлектрической проницаемости.

Проведенные исследования являются полезными для определения качества биологических тканей после криозаморозки, например, в случае трансплантации донорских органов.

1. Артюхов В.Г., Наквасина М.А., Биологические мембраны, изд-во ВГО (2000).
2. Самойлов В.О., Медицинская биофизика, СпецЛит (2013).
3. Havriliak S., Negami S. J. Polim. Sci. C., 14, 99 (1966).
4. Волков А.С., Волкова Ю.В. Физический вестник Института естественных наук и технологий САФУ, 17, 119 (2015).

## **ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО И ИМПУЛЬСНОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЛАКТОБАКТЕРИИ**

Сперанская А.А.<sup>1\*</sup>, Баранова А.А.<sup>1</sup>, Иванов В.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.a.speranskaya@mail.ru](mailto:a.a.speranskaya@mail.ru)

## **EFFECT OF CONTINUOUS AND PULSED IONIZING RADIATION ON LACTOBACILLI CELLS**

Speranskaya A.A.<sup>1\*</sup>, Baranova A.A.<sup>1</sup>, Ivanov V.Yu.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The purpose of this work is to compare the biological effect of continuous and pulsed ionizing radiation.

В настоящее время существуют разные методы лечения рака с помощью ионизирующего излучения. В одних из этих методов используется постоянное излучение, а в других импульсное. Согласно некоторым исследованиям, использование импульсного режима, в определенном диапазоне частот, может значительно снизить дозу ионизирующего излучения, которая необходима для получения такого же биологического эффекта, как при воздействии в постоянном режиме. Целью данной работы является сравнение биологического действия постоянного и импульсного ионизирующего излучения.

В качестве объектов исследования были выбраны лактобактерии, поскольку они являются доступными и непатогенными. Облучение культуры бактерий проводилось с помощью линейного ускорителя электронов УЭЛР-10-10С2 (УрФУ) и импульсного ускорителя электронов УРТ-1 (ИЭФ УрО РАН).

Суспензия микроорганизмов подвергалась воздействию ионизирующего излучения дозами от 2 до 12 кГр. После облучения суспензии бактерий в постоянном и импульсном режиме, было определено количество колониеобразующих единиц в 1 мл суспензии, а также дозовое распределение по поверхностям чашек Петри, в которых проводилось облучение. Было проведено сравнение выживаемости лактобактерий при разных режимах воздействия. При воздействии как постоянным, так и импульсным излучением с увеличением дозы происходит снижение числа жизнеспособных клеток. Было обнаружено, что при воздействии в постоянном режиме выживаемость снижается в большей степени. Это может быть связано с используемой частотой повторения импульсов (1 кГц), а также с тем, что при облучении в импульсном режиме было неравномерно распределение доз по поверхности чашки Петри. Поэтому биологические объекты, находящиеся на краях чашки, облучились меньшей дозой, что привело к повышению выживаемости для данного режима воздействия.

В настоящее время проводятся эксперименты с использованием чашек Петри меньшего диаметра с равномерным дозовым распределением для адекватного сравнения биологического действия постоянного и импульсного ионизирующего излучения. А также проводятся эксперименты по воздействию импульсного излучения разной частоты для получения зависимости выживаемости биологических объектов от частоты повторения импульсов и определения диапазона частот, при котором будет наблюдаться снижение выживаемости в большей степени, чем при воздействии в постоянном режиме.

1. Беленко А.А., диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Томск (2016).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ НА  
ОБНАРУЖЕНИЕ СЛЕДОВЫХ КОЛИЧЕСТВ НИТРОСОДЕРЖАЩИХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ТУШЕНИЯ  
ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ**

Миронов А. А.<sup>\*</sup>, Баранова А. А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ars-mironov@yandex.ru](mailto:ars-mironov@yandex.ru)

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF VARIOUS SUBSTANCES ON  
DETECTING THE FOLLOWING TOTAL AMOUNTS OF EXPLOSIVE  
SUBSTANCES OF NITROCONTAIN BY THE METHOD OF ABSENCE OF  
HIMMOUMINISSION**

Mironov A. A., Baranova A. A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The target of this work is study the effect of various volatile substances on the activity of chemosensors in the detection of nitro-containing explosives.

Одним из перспективных способов обнаружения и контроля нитросодержащих взрывчатых веществ являются фотометрические люминесцентные методы, в основе которых лежит принцип тушения хемилюминесценции. На качество обнаружения следовых количеств нитросодержащих взрывчатых веществ могут оказывать влияние различные посторонние вещества, содержащие нитрогруппу или оказывающие иное воздействие на люминесцентный сенсорный материал.

Целью данной работы является изучение различных типов посторонних веществ, которые могут потенциально повлиять на обнаружение взрывчатых веществ, выявить пропорциональные зависимости таких веществ относительно

нитросодержащих взрывчатых веществ, рассмотреть другие факторы, способные оказывать влияние на работу приборов, в основе которых лежит принцип хемилюминесценции.

В качестве рассматриваемого прибора используется мобильный обнаружитель ВВ, «Мобильный обнаружитель нитросодержащих ВВ – «Нитроскан», относящийся к классу одноканальных портативных приборов для оперативного обнаружения ВВ и его последующие модификации. В качестве изучаемого люминофора выступает ряд веществ, наиболее перспективных, применительно к данному устройству.

Данное исследование важно для понимания того, как в дальнейшем необходимо проводить улучшения метода детектирования и какие шаги в модифицировании устройства необходимы для улучшения качества получаемых результатов.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНГИБИТОРОВ ИОННЫХ КАНАЛОВ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КЛЕТОК ВОДИТЕЛЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА**

Будеева Е.А.<sup>1</sup>, Рывкин А.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

## **MODELING OF THE EFFECT OF INHIBITORS OF ION CHANNELS ON THE FUNCTIONING OF CARDIAC PACEMAKERS**

Budeeva E.A.<sup>1</sup>, Ryvkin, A.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

Via the integrated model, that includes electron-conformational model of stochastic dynamics of ryanodine RyR channels (ECM) and Ca<sup>2+</sup>-releasing model, effect of various inhibitors of ion channels (ryanodine, lidocaine, nifedipine) on the frequency of action potential generation in sinoatrial node was investigated, and conditions of AP generation failure were observed.

В рамках объединенной модели электронно-конформационной модели (ЭКМ) модель Ca<sup>2+</sup>-высвобождающей единицы исследовалось влияние различных ингибиторов ионных каналов (рианодин, лидокаин, нифедипин) на частоту генерации потенциала действия (ПД) клетками САУ, а также выявлены условия, при которых наблюдаются нарушения генерации ПД.

Единый ритм механического сокращения сердца формируется в так называемом синоатриальном узле (САУ) сердца, находящемся в стенке правого предсердия, откуда волна возбуждения распространяется по всему миокарду. Единый ритм возможен вследствие взаимной синхронизации огромного количества автоколебательных пейсмейкеров, клеток водителей сердечного ритма. Устойчивую работу клеток САУ обеспечивает самосогласованное взаимодействие внутриклеточной  $\text{Ca}^{2+}$ -высвобождающей системы (« $\text{Ca}^{2+}$ -часы») с внешними ионными токами через мембрану клетки («мембранные часы»).

В рамках электронно-конформационной модели (ЭКМ) стохастической динамики рианодиновых RyR-каналов [1], интегрированной в модель  $\text{Ca}^{2+}$ -высвобождающей единицы (ВЕ) [2], исследовалась динамика ионов  $\text{Ca}^{2+}$  между отделами изолированной ВЕ. ЭКМ описывает динамику кластера RyR-каналов при различных условиях.

В рамках объединенной модели исследовалось влияние различных ингибиторов ионных каналов (рианодин, лидокаин, нифедипин) на частоту генерации потенциала действия (ПД) клетками САУ, а также выявлены условия, при которых наблюдаются нарушения генерации ПД.

1. Moskvina et al., PBMV, 2006
2. Maltsev, Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2009

## **АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНЫХ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЯ**

Шарипов М.Р.\*, Демин В.А., Панкин В.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [sh.max@mail.ru](mailto:sh.max@mail.ru)

## **HARDWARE OF THE RADIONUCLIDE STUDIES**

Sharipov M.R.\*, Demin V.A., Pankin V.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The abstract is devoted to the new method of the radionuclide studies of bone tissue metabolic activity. Through the studies of literature data limitations of existing methods were discovered. To improve the methodology, the applying of portable radiometric system is suggested.

Радионуклидная диагностика — это определение морфо-функциональных особенностей биологических объектов с помощью радиоактивных соединений.



Достоинством данного метода исследования является получение количественные параметров кинетики РФП в исследуемом объекте.

Целью работы являлась оптимизация инфраструктуры аппаратного комплекса для радионуклидных исследований (РНДИ) метаболической активности костной ткани.

Были изучены различные модели фармакокинетики РФП при РНДИ костной ткани [1,2], а также отечественные и зарубежные методики РНДИ [2,3].

Все изученные методы обладают рядом недостатков, среди которых: получение только интегральных показателей накопления РФП костной тканью, косвенность оценки метаболической активности костной ткани и другие.

Модификация инфраструктуры аппаратного комплекса для РНДИ с использованием портативной радиометрической системы (ПРМС) решает проблему получения достоверных параметров кинетики в рамках камерных моделей фармакокинетики РФП.

Была предложена следующая методика проведения исследования:

1. Двухэтапная планарная сцинтиграфия на гамма-камере: 1-й этап — статическое планарное сканирование всего тела начиная с 15 минуты после введения РФП; 2-й этап — статическое планарное сканирование всего тела начиная со 180 минуты после введения РФП.
2. Ренографическое исследование, проводимое для оценки скорости клубочковой фильтрации путем расположения двух детекторов ПРМС в проекции почек и одного в проекции мочевого пузыря.
3. Непрямая ангиосцинтиграфия мягкотканых структур: для этого предлагается расположить датчики над мышечными структурами, а именно, над приводящими мышцами бедер, так как в их проекции нет костных структур.
4. Регистрация параметров кровообращения. Датчик над подключичной артерией со стороны введения РФП используется для достоверной оценки величины введенной активности и для исключения случаев подкожного введения РФП. Датчики над бедренными артериями используются для оценки клиренса плазмы. Прекардиальные датчики используются для исследования центральной гемодинамики пациента.

Плюсы предложенной методики: двухэтапность исследования; непосредственная оценка почечного клиренса; непосредственная оценка обмена РФП в мягких тканях; непосредственная оценка плазматического клиренса; возможность получения параметров центральной гемодинамики; временные затраты на проведение полной процедуры не превышают 200 мин.

1. Charkes, N. D. et al., Studies of skeletal tracer kinetics. I. Digital computer solution of a five-compartment model of [ $^{18}\text{F}$ ]fluoride kinetics in humans, Journal of Nuclear Medicine, 19, 1301-1309 (1978).



2. Blake G. M. et al., Quantitative studies of bone using  $^{99m}\text{Tc}$ -MethyleneDiphosphonate skeletal plasma clearance, Seminars in Nuclear Medicine, 39, 369-379 (2009).
3. Поцыбина В. В., Остеосцинтиграфия (Учебное пособие), Российская медицинская академия последипломного образования (2002).

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НЕПРЕРЫВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ УСКОРИТЕЛЯ УЭЛР-10-10С ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ**

Грозных М.В.<sup>\*</sup>, Алимханов А.Т., Стурис А.Ю., Рябухин О.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>\*</sup>E-mail: [groznykh.m@gmail.com](mailto:groznykh.m@gmail.com)

## **DEVELOPMENT OF DEVICE FOR CONTINUOUS MEASUREMENT OF ELECTRON ENERGY OF ACCELERATOR УЭЛР-10-10С FOR RADIATION STERILIZATION PROCESS CONTROL**

Groznykh M.V.<sup>\*</sup>, Alimkhanov A.T., Sturis A.Y., Ryabukhin O.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The goal of the work is to develop a device for control process of sterilization. The appliance allows to judge primary energy of electron beam by electric current, given from aluminum plates.

В Уральском федеральном университете функционирует Инновационно-внедренческий центр радиационной стерилизации и реализует радиационную обработку, в том числе и стерилизацию, различных изделий с использованием ускорителя электронов УЭЛР-10-10С.

Процесс радиационной стерилизации жестко регламентируется международными и внутренними стандартами производственной деятельности, требует сертификации ускорительной установки и валидации радиационного воздействия на конкретный вид продукции. Выполнение установленных норм гарантирует качество медицинской продукции и ее безопасность.

Одним из контролируемых параметров ускорителя, определяющий проникающую способность электронов и их распределение по глубине продукции является энергия электронов.

На сегодняшний день для определения энергии электронов используются приспособления в виде алюминиевых пластин, либо алюминиевый клин в которые помещаются пленочные дозиметры. После облучения производится измерение поглощенной дозы  $D$  и ее распределения по глубине в алюминии  $d$  (рису-

нок 1). Далее по эмпирической формуле (1) по определенному проективному пробегу  $R_p$  производится расчет энергии.

$$E = 0,2 + 5,09 \cdot R_p (Al) \quad (1)$$

Формула 1 справедлива при энергии электронов от 3 МэВ до 25 МэВ.

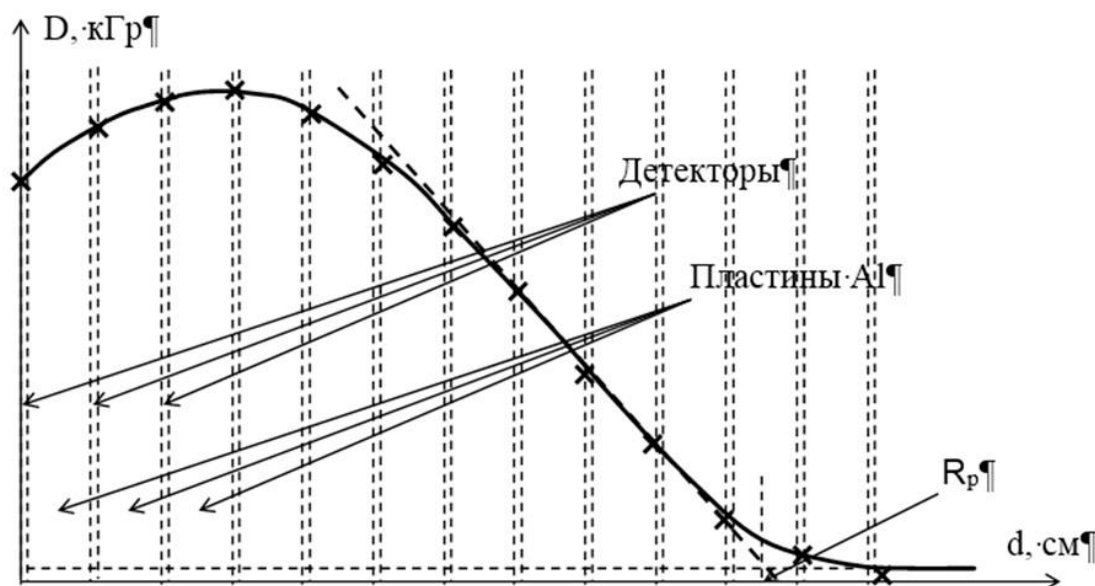


Рис. 1. Распределение поглощенной дозы по глубине поглотителя из алюминия

В данной работе показана возможность реализации схемы непрерывного контроля энергии в процессе радиационной обработки различной продукции по измерению накопленного заряда на специальном мишенном узле, состоящем из набора алюминиевых пластин. Данное устройство позволит сократить эргономические и экономические затраты на однократно используемые дозиметрические пленки. Кроме того, появится возможность непрерывного контроля энергии, анализа ее изменения в зависимости от различных параметров и, как следствие, обеспечит подтверждение стерильности облучаемой продукции.

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ СОКРАЩЕНИЯ ОДИНОЧНОЙ КЛЕТКИ СЕРДЦА**

Волжанинов Д.А.<sup>1\*</sup>, Лукин О.Н.<sup>1,2</sup>, Хохлова А.Д.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [VolzhaninovDenis@yandex.ru](mailto:VolzhaninovDenis@yandex.ru)

## **THE SOFTWARE DEVELOPMENT TO CONTROL THE MODES OF SINGLE CARDIAC CELL CONTRACTION**

Volzhaninov D.A.<sup>1\*</sup>, Lookin O.N.<sup>1,2</sup>, Khokhlova A.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A new gripping technique of four carbon fibers attached to the opposite cell edges was used to study «force-length» relations in isolated intact cardiomyocytes. Each carbon fiber was attached to the «Sensapex» piezo-motors. The developed software for the system of four piezo-motors was implemented in the platform «LabView» to realize the following modes of single cardiomyocyte contraction: isometric contraction, quasi-isotonic shortening, isometric relaxation and quasi-isotonic lengthening.

Насосная функция сердца проявляется в последовательном сокращении (систолах) и расслаблении (диастолы) его желудочков. В настоящее время кривые зависимости давления в полости желудочков от объема желудочка (петли «давление-объем») являются одним из наглядных показателей сократительной активности сердца [1].

Однако для детального изучения сердечной механики целесообразно исследовать зависимость «длина-сила» изолированных клеток сердца (кардиомиоцитов), свободных от соединительной ткани и эндотелия, которые вносят значительный вклад в вязкоупругие и сократительные свойства интактного желудочка и затрудняют анализ характеристик непосредственно мышечной ткани.

Сокращения физиологического рабочего цикла желудочка сердца включают в себя четыре фазы: изоволюмическое сокращение, изгнание, изоволюмическое расслабление и наполнение. Похожее фазовое поведение может быть симитировано на уровне одиночной клетки с помощью задания специальных, динамически изменяющихся условий механического нагружения клетки, ставящей ее в следующую последовательность сокращений: изометрическое сокращение, квази-изотоническое укорочение, изометрическое расслабление и квази-изотоническое растяжение [2].

В данном исследовании для изучения зависимости «длина-сила» одиночных

кардиомиоцитов использовалась методика четырех карбоновых волокон (КВ) [3], когда клетка, будучи зажатой четырьмя КВ на противоположных концах, не соприкасалась с дном экспериментальной ванночки. Каждое из КВ прикреплялось к пьезо-мотору «Sensapex» (Финляндия, New Triple Axis uMr micromanipulation system), что позволяло управлять его положением. Два КВ, расположенные на одном и том же конце клетки, получали одинаковую команду управления для достижения идентичного их положения при растяжении клетки в продольном направлении.

Разработанный программный комплекс для системы из четырёх пьезомоторов «Sensapex» реализуется в среде разработки «LabView» [4]. Основа метода заключается в изменении и трансляции записанного исходного сигнала аусотонических сокращений клетки по специальному алгоритму, позволяющему осуществить описанные выше фазы рабочего цикла для одиночной клетки желудочков сердца [2].

В дальнейшем планируется использовать данный программный комплекс для исследования зависимости «длина-сила» кардиомиоцитов здорового сердца и при патологических воздействиях, что позволит дать оценку нарушения сократимости клеток и предложить возможные пути коррекции при исследовании влияния лекарственных средств.

*Работа поддержана Постановлением Правительства РФ № 211 от 16.03.2013 и Программой Президиума РАН №27.*

1. Ishizaka T., Yoshimatsu Y., Maeda Y. et al., Journal of Pharmacological and Toxicological Methods, 84, 1 (2017).
2. Iribe G., Helmes M., Kohl P., American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 292, 1487 (2007).
3. Iribe G., Kaneko T., Yamaguchi Y., Naruse K., Progress in Biophysics and Molecular Biology, 1 (2014).
4. Николаев С.В., LabVIEW Руководство пользователя, National Instruments (2007).

# **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ФОРМАЛИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ОСТЕОСЦИНТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Демин В.А.<sup>1\*</sup>, Панкин В.В.<sup>1,2,3</sup>, Сарычев М.Н.<sup>1</sup>, Шарипов М.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской  
академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vas.and.demin@gmail.com](mailto:vas.and.demin@gmail.com)

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF EXISTING BONE SCAN FORMALIZATION AND PROCESSING METHODS**

Demin V.A.<sup>1\*</sup>, Pankin V.V.<sup>1,2,3</sup>, Sarychev M.N.<sup>1</sup>, Sharipov M.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Institute of High-Temperature Electrochemistry of Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The abstract is devoted to the comparison of existing methods of the bone scintigraphy formalization and processing and the development of the new one. Through the studies of literature, limitations of the existing methods were discovered. A new method for obtaining and processing the data is suggested, its reliability is verified.

Остеосцинтиграфия — метод радионуклидной диагностики, основанный на введении в организм пациента тропного к гистологическим структурам костной ткани радиоактивного фармацевтического препарата (РФП) и последующей регистрации его распределения путем сканирования тела пациента в передней и задней проекциях на гамма-камере. Данный метод востребован в радионуклидной диагностике благодаря своей высокой чувствительности, достигаемой за счёт выявления функциональных изменений.

Костная ткань представляет собой сложную многокомпонентную структуру, поэтому для описания процессов кинетики РФП в плазме и кости необходимо построение камерной модели. Так, в [1] приведены расчёты для модели из пяти камер (межклеточное пространство, кровь, костное межклеточное пространство, костная ткань, первичная моча). Подобное упрощение процессов кинетики в структуре костной ткани представляется излишним, поэтому была предложена другая модель, учитывающая характер взаимодействия различных гистотипов костной ткани с РФП (кровь, субкапиллярное пространство, содержащее структурированный коллоидный гель, поверхностный остеонидный слой органического костного матрикса).

В ходе анализа литературных данных были выделены основные методы формализации и обработки данных остеосцинтиграфии. В зарубежной практике применяются методы [2]: площади под кривой (area under curve, AUC), Бреннера (Brenner) и графика Патлака (Patlak plot). Методы AUC и Бреннера используются только для определения интегрального коэффициента накопления радиоактивной метки костной тканью. Метод графика Патлака, напротив, может применяться для отдельных зон интереса. В отечественной литературе [3] определяется интегральный коэффициент накопления РФП костной тканью с одновременным измерением активности других органов и тканей.

На основании анализа данных методов был сделан вывод о необходимости создания нового метода формализации данных, позволившего бы получить дифференциальные коэффициенты накопления РФП, отражающие активность физико-химических и клеточно-ферментативных процессов в костной ткани, при сохранении дозовой нагрузки. Для формализации данных были проанализированы результаты клинко-экспериментальных исследований [3] которые аппроксимировали с использованием экспоненциального закона, достоверность которой была подтверждена с использованием критерия Пирсона ( $r = 0,993$ ,  $p < 0,001$ ). Экспоненциальный закон задаётся двумя параметрами: максимальным значением накопления, достигаемым через три часа после введения РФП, и коэффициентом динамики накопления. Максимальное значение характеризует объём костных структур, накапливающих РФП, коэффициент динамики накопления — скорость, с которой эти структуры накапливают РФП.

Разработанный метод нуждается в определении референсных значений получаемых параметров, которые будут определены в дальнейших исследованиях.

1. Charkes, N. D. et al., Studies of skeletal tracer kinetics. I. Digital computer solution of a five-compartment model of [ $^{18}\text{F}$ ]fluoride kinetics in humans, *Journal of Nuclear Medicine*, 19, 1301-1309 (1978).
2. Blake G. M. et al., Quantitative studies of bone using  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MethyleneDiphosphonate skeletal plasma clearance, *Seminars in Nuclear Medicine*, 39, 369-379 (2009).
3. Лабушкина, А. А. Сравнительная оценка отечественных кардиотропных радиофармацевтических препаратов [Текст]: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.19 / Лабушкина Анна Антоновна. – Москва, 2000. – 83 с. –Библиогр.: с.54.



# **МЕТОД РАСЧЁТА И ОЦЕНКИ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОМ "ФТОР-18-ДЕЗОКСИГЛЮКОЗА" С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЭТ/КТ РЕКОНСТРУКЦИЙ**

Барабанов Д.Д.<sup>12\*</sup>, Зельский И.А.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> «Центр ядерной медицины г. Екатеринбург» ООО «ПЭТ-Технолоджи», г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [barabanovdd@yandex.ru](mailto:barabanovdd@yandex.ru)

## **METHOD OF INTERNAL EXPOSURE DOSE EVALUATION AFTER THE RADIOPHARMACEUTICAL "FLUORINE-18-DESOXYGLUCOSE" USING PET/CT RECONSTRUCTIONS**

Barabanov D.D.<sup>12\*</sup> Zelskiy I.A.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Nuclear medicine center of Yekaterinburg, PET-Technology, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Positron emission tomography combined with multislice computed tomography is a radionuclide tomographic method of the internal organs researching. In addition to its diagnostic application, PET/CT method could be used for accurate determination of internal radiation exposure dose.

ПЭТ/КТ (Позитронная эмиссионная томография совмещённая с мультиспиральной компьютерной томографией) - радионуклидный томографический метод исследования внутренних органов, используется преимущественно при диагностике онкологических заболеваний. Метод основан на регистрации пары гамма-квантов, возникающих при аннигиляции позитронов с электронами. Позитроны возникают при позитронном бета-распаде радионуклида, входящего в состав радиофармпрепарата, который вводится в организм перед исследованием.

Результат стандартного ПЭТ/КТ сканирования с использованием радиофармпрепарата (РФП) 18-Фтордезоксиглюкоза (ФДГ) представлен на рисунке 1.

На настоящее время не разработаны численные методы по точному определению эффективной дозы внутреннего облучения при внутривенном введении диагностических РФП. В медицинских подразделениях РФ при использовании 18-Фтордезоксиглюкозы используются коэффициенты перехода от активности к эффективной дозе, представленные в МУ 2.6.1.3151-13. Коэффициенты перехода совпадают с европейскими, краткая выдержка приведена в таблице.



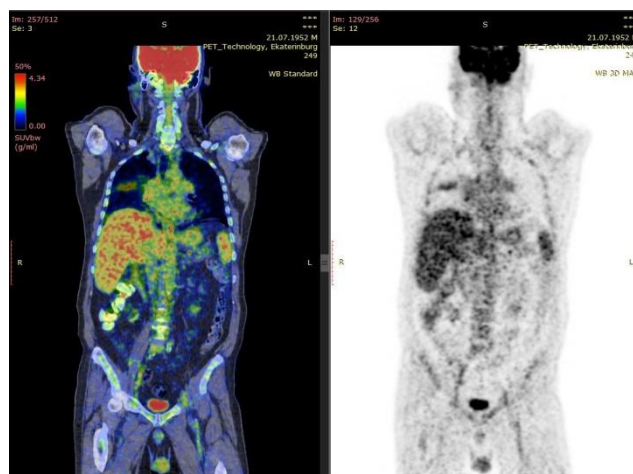


Рис. 1. (слева) – ПЭТ/КТ визуализация, (справа) – ПЭТ визуализация

Коэффициенты перехода от активности РФП в органе (МБк) к поглощённой дозе (мГр) в зависимости от возраста

mGy/MBk	Adult	15	10	5	1
Adrenals	0.012	0.015	0.024	0.038	0.072
Bladder	0.16	0.21	0.28	0.32	0.59
Bone surfaces	0.011	0.014	0.022	0.035	0.066
Brain	0.028	0.028	0.030	0.034	0.048
Breast	0.0086	0.011	0.018	0.029	0.056

Приведённые коэффициенты не учитывают индивидуальных особенностей организма пациента, таких как индекс массы тела, уровня сахара в крови, патологий внутренних органов, эмоциональное состояние. Расчёт эффективной дозы внутреннего облучения численными методами с помощью модели точечных источников, распределённых по всему телу пациента показал, что для одного и того же пациента 2 исследования, проведённые в течение года при одинаковых условиях, создают различную эффективную дозу облучения внутренних органов. Расхождение может достигать порядка 30%.

1. Яськова Е.К., Степаненко В.Ф., Радиация и риск, том 19, 50 (2010).
2. Козлов В.Ф., Справочник по радиационной безопасности, 87 (1999)
3. Беспалов В.И., Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом, Издательство Томского политехнического университета (2008).

## АНАЛИЗ ПАТТЕРНОВ В РАСПРЕДЕЛЁННОЙ МОДЕЛИ ГЛИКОЛИЗА

Панкратов А.А.<sup>\*</sup>, Башкирцева И.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [alexandrpankratov9@gmail.com](mailto:alexandrpankratov9@gmail.com)

## ANALYSIS OF PATTERNS IN THE DISTRIBUTED MODEL OF GLYCOLYSIS

Pankratov A.A., Bashkirtseva I.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We investigate deterministic and stochastic properties of the Higgins glycolytic model with the diffusion component. Particular attention is paid to the diffusion instability and the conditions for its appearance. The possibility of the existence of spatial structures in the region of diffusion instability is shown, and numerical experiments have been conducted to research possible configurations of emerging structures. The behavior of the model in the presence of noise under various configurations of parameters is considered.

Рассматривается распределённая модель гликолитического осциллятора Хиггинса [1] с диффузионной составляющей

$$\begin{aligned}u_t &= 1 - uv + D_u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\v_t &= pv(u - \frac{1+q}{q+u}) + D_v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\end{aligned}$$

и условиями непротекания на границах. Модель Хиггинса без диффузии имеет одно равновесие (1,1), устойчивое при  $q > p - 1$ . При  $q < p - 1$  в системе наблюдается устойчивый предельный цикл, причем с удалением от точки бифуркации колебания становятся релаксационными.

В работе найдены условия

$$\sqrt{\frac{D_u}{D_v}} > \frac{\sqrt{q+1}(\sqrt{pq} + \sqrt{p(q+1)})}{p}, \quad q > p - 1;$$

при которых гомогенное равновесие модели Хиггинса становится диффузионно неустойчивым по Тьюрингу.

С помощью компьютерного моделирования показана возможность существования пространственных структур - паттернов в области диффузионной неустойчивости, проведены численные эксперименты по исследованию возможных пространственных конфигураций возникающих структур, проведён статистический анализ результатов.

Рассмотрено поведение распределенной модели Хиггинса в присутствии шума при различных конфигурациях параметров и начальных данных. Проведен анализ влияния шума на аттракторы модели в зоне диффузионной устойчивости.

*Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект №16-11-10098).*

1. Higgins J., Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. 51 989 (1964).
2. Nicolis G., Prigogine I., Self-Organization in Nonequilibrium Systems, Wiley, New York, 1977.

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ СПЕКЛОВ, ВЫЯВЛЕННЫЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР**

Михайлова Ю.А.<sup>1,2\*</sup>, Владимиров А.П.<sup>1,2</sup>, Бахарев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> «Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [julia\\_mikhailova2104@mail.ru](mailto:julia_mikhailova2104@mail.ru)

## **SPECKLE DYNAMICS REGULARITIES, IDENTIFIED IN THE STUDY OF CELL CULTURE**

Mikhailova Yu.A.<sup>1,2</sup>, Vladimirov A.P.<sup>1,2</sup>, Bakharev A.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> «Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections» of Rospotrebnadzor, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The report refers to the speckle dynamics regularities in the study of cultured cells. Good agreement between theory and experiment was found, parameters of the speckle dynamics that characterize the activity of cells are determined. Practical application prospects of the method are shown.

Спеклы (от англ. *speckle* – пятно) случайного размера и яркости наблюдаются при освещении шероховатого или прозрачного (с использованием диффузора) объекта когерентным излучением. Наблюдаемая в свободном пространстве и в плоскости изображения объекта картина спеклов является результатом взаимной интерференции многих волн со случайными амплитудами и фазами. При перемещении, деформации, повреждении отражающего объекта, а также при перемещении, деформации и случайных изменениях показателя преломления прозрачного объекта имеет место смещение спеклов в пространстве и измене-

ние структуры спекл-поля – динамика спеклов. В литературе применительно к биологическим объектам это явление обозначается как биоспеклы [1].

С научной и практической точки зрения представляет интерес выявление связи между параметрами, характеризующими процессы в объектах (вызывающие случайные изменения амплитуд и фаз волн) с характеристиками динамики спеклов.

Целью доклада является ознакомление с закономерностями динамики спеклов в плоскости изображения монослоя культивированных клеток — клеток непосредственно после разморозки и с нормализованной физиологической активностью.

В работе [2] для тонкого прозрачного объекта представлена теория и методика, позволяющие по спекловым изображениям изучать изменения средних значений, дисперсии и времена релаксации разности оптических путей волн. В качестве параметра, характеризующего метаболическую активность клеток, использовали среднеквадратическое отклонение разности оптических путей волн  $\sigma_u$ , зондирующих клетки.

Ранее метод был успешно применен для исследования метаболической активности трех клеточных культур L-41, Vero и ЛЭЧ-3, зараженных вирусом простого герпеса первого типа [3] и в отсутствие вируса [4]. Показано, что наличие вируса в клетках можно обнаружить через 10 минут после начала эксперимента. Также с помощью метода динамической спекл-интерферометрии были проведены эксперименты по исследованию реакции клеточных культур на изменение температуры от 26 до 37 °C [5].

1. Rabal H.J., Braga Jr.R.A., Dynamic Laser Speckle and Applications, CRC Press (2008).
2. Владимиров А.П., Известия вузов. Радиофизика, 57, 632 (2014).
3. Владимиров А.П. и др., Медицинская техника, 4, 8 (2014).
4. Владимиров А.П. и др., Известия вузов. Радиофизика, 57, 654 (2014).
5. Михайлова Ю.А. и др., Российский журнал биомеханики, 21, 64 (2017).

# **ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ С ГРАФИЧЕСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ СРЕДСТВАМИ MATLAB**

Измозеров И.Б.<sup>1</sup>, Смирнов А.А.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [a.a.smirnov@urfu.ru](mailto:a.a.smirnov@urfu.ru)

## **PROGRAM FOR BIOMEDICAL SIGNAL AND IMAGE PROCESSING USING MATLAB**

Izmozherov I.B.<sup>1</sup>, Smirnov A.A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Integration of filters and mathematic algorithms for processing of biomedical signal and images into single program with user-friendly graphical user interface using MATLAB.

В современном мире автоматизация и компьютеризация применяются практически повсеместно. Есть области науки и техники, развитие которых было бы невозможно без упомянутых процессов. Интерпретация результатов таких графических методов диагностики как ПЭТ, МРТ, КТ и даже ЭКГ, была бы затруднена без математической обработки. Расчёты, используемые даже для простой обработки, улучшающие читаемость графиков и изображений весьма объемны и зачастую достаточно сложны. По этой причине ручная обработка таких данных не представляется возможной. В данной работе была поставлена следующая задача: создать с помощью средств MATLAB понятный и удобный графический пользовательский интерфейс, объединяющий в себе набор необходимых для обработки сигналов и изображений инструментов. Отличительной особенностью такого рода «оболочки» является возможность сравнительно легко проводить манипуляции с сигналами, не углубляясь в программирование каждого необходимого фильтра или алгоритма в отдельности. Такой подход позволит быстрее получать наглядные результаты, оставляя «за бортом» постоянное изменение и правку кода в MATLAB.

Функционал программы:

1. Обработка биомедицинских сигналов
  - 1.1. Фильтрация высокочастотных помех
  - 1.2. Фильтрация низкочастотных шумов
  - 1.3. Измерение параметров сигнала
  - 1.4. Спектральный анализ сигнала
2. Обработка биомедицинских изображений
  - 2.1. Фильтрация изображения
  - 2.2. Измерение параметров объектов на изображении

2.3. Сегментация и выделение границ изображения

2.4. Распознавание образов на изображении

MATLAB пакеты Signal Processing и Image Processing являются основой для реализации такого рода функционала [1, 2].

Также предусматривается возможность настройки параметров обработки в достаточно широких пределах.

1. Гонсалес Р. С., Цифровая обработка изображений в среде MATLAB, Техносфера (2006).
2. Рангайян Р.М. Анализ биомедицинских сигналов, Физматлит (2010).

## **ВОЗМОЖНОСТИ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ IN VIVO В ОЦЕНКЕ МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЛЕЗОПРОДУЦИРУЮЩЕГО АППАРАТА**

Фалина Ю.В.<sup>1\*</sup>, Ободов В.А.<sup>4</sup>, Панкин В.В.<sup>1,2,3</sup>, Смирнов А.А.<sup>1</sup>,  
Панкин С.В.<sup>1</sup>, Щелканов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской  
академии наук, г. Екатеринбург, Россия

<sup>4)</sup> Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза»

\*E-mail: [falya33586@gmail.com](mailto:falya33586@gmail.com)

## **IN VIVO RADIONUCLIDE ASSESSMENT OF MORPHOFUNCTIONAL LACRIMAL GLAND**

Falina Yu.V.<sup>1\*</sup>, Obodov V.A.<sup>4</sup>, Pankin V.V.<sup>1,2,3</sup>, Smirnov A.A.<sup>1</sup>,  
Pankin S.V.<sup>1</sup>, Shchelkanov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian  
Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

<sup>4)</sup> IRTC Eye Microsurgery Ekaterinburg Center

Radionuclide diagnostics is a promising method for assessing the kinetics of internal and external blood supply reservoirs of a visual analyzer system. The capabilities of assessing hemodynamic parameters of the retrobulbar space of the eye artery are discussed for the secretory excretory function of the lacrimal gland monitoring.

При патологии слезных желез является актуальным оценка морфофункциональных изменений слезопroduцирующего отдела органа зрения [1].

Целью настоящей работы является исследование ключевых факторов биологической активности ткани слезных желез – кровенаполнения и перфузии.

На современном этапе развития лучевой диагностики наиболее информативным исследованием является непрямая радионуклидная ангиография. Для решения поставленной задачи был проведен анализ топографо-анатомических особенностей строения системы магистрального и внутриорганного кровообращения слезных желез, согласно которому кровенаполнение основной *glandula lacrimalis* осуществляется внутренним бассейном *a. carotis interna*, а в области вековой части лица доминирует внешний – исходящий от *a. carotis externa* [2,3].

Для оценки перфузионных соотношений была разработана схема позиционирования радионуклидной детектирующей системы датчиков в актуальных бассейнах кровообращения.

В качестве базовой модели для макетирования радионуклидного диагностического исследования было взято исследование слюнных желез. Принцип методики основан на сцинтиграфической регистрации поглощения и выведения секреторными клетками околоушных желез радиофармацевтического препарата после его введения в организм [4].

При всей актуальности использование стационарных гамма-камер (типа ОФЭКТ/КТ) не позволяет выполнить необходимую геометрию полей зрения. Это приводит к необходимости применения портативной многоканальной системы датчиков.

Ультразвуковое исследование на сегодняшний день является одним из основных методов визуализации и вычисления анатомического объема органов [5]. Гибридная технология ультразвукового и радионуклидного методов позволяет получить достоверную диагностическую информацию об анатомо-морфологическом и функциональном состоянии слезных желез

1. Ободов В.А. Травматические дакриоциститы и облитерации слезоотводящих путей: Практическое руководство. – М.: Изд-во «Офтальмология», 2015. – С. 8-29.
2. Шевкуненко В.Н. Курс топографической анатомии для студентов и врачей. – М., 1932. – С. 49-82.
3. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. - М.: Медицина, 1978. – С. 64-516.
4. Pfann B., Lowicke G. и Endert G. Функция околоушных слюнных желез в норме по данным сцинтиграфии с  $^{99m}\text{Tc}$  // Медицинская радиология – 1977. Т. 22, № 12. - С. 38-42.
5. Арун Д. Синг, Бренди К. Хейден. Ультразвуковая диагностика в офтальмологии // МЕДпресс-информ. – 2016. – С. 280-295.



# ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ В КАЧЕСТВЕ РАДИОМОДИФИКАТОРОВ В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Вазиров Р.А.<sup>1\*</sup>, Соковнин С.Ю.<sup>1,2</sup>, Улитко М.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [vazirov23@gmail.com](mailto:vazirov23@gmail.com)

## APPLICATION OF METAL OXIDES NANOPARTICLES AS RADIOMODIFICATORS IN RADIATION THERAPY

Vazirov R.A.<sup>1</sup>, Sokovnin S.Y.<sup>1,2</sup>, Ulitko M.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The study of the biological effect of nanoparticles together with ionizing radiation is highly relevant. Adding nanoparticles to the medium and the intracellular medium leads to a change in the radiation sensitivity of the tissues. This effect depends on the physicochemical properties of nanoparticles. Therefore, nanoparticles have great potential for use as a medicine for improving the course of radiation therapy.

Уникальным и перспективным применением наночастиц (НЧ) является радиомодификации биологического объекта при воздействии ионизирующим излучением. В работах [1] и [2] **Ошибка! Закладка не определена.** описывают антиоксидантные свойства НЧ оксида церия (CONPs), связывая способность церия CONPs переходить между двумя валентными состояниями 3+ и 4+. Оксид церия активно участвует в окислительно-восстановительных реакциях уменьшая или увеличивая концентрацию активных форм кислорода (АФК) в клетках и межклеточной среде. В следствии чего это может привести к сочетанному воздействию на биологические ткани совместно с ионизирующим излучением.

В работе [3] наблюдалось увеличение радиочувствительности колоректального рака *invitro* и *invivo* при введении НЧ золота с концентрацией до 250 мкг/мл – фактор изменения дозы (ФИД) для клеточной культуры составил 1.69, а рост опухоли у лабораторных животных после сочетанного воздействия НЧ и ионизирующего излучения увеличился практически в два раза. Данные результаты демонстрируют высокое изменение радиорезистивности тканей с добавлением радиомодификатора на основе НЧ в малой концентрации.

Результаты исследований [4] показало наличие высокой биологической активности CONPs [5]. НЧ были получены на установке НАНОБИМ-2 [5] испарением импульсным электронным пучком в газе низкого давления. Данный метод получения позволяет производить НЧ с большим количеством структурных дефектов различных видов, что придает им уникальные физическо-химические свойства. Концентрация уже 50 мкг/мл позволяет увеличить инактивацию рако-

вых клеток. Определенный ФИД для концентрации 50 мкг/мл CONPs составил 3.27 [4].

Физико-химические свойства различных НЧ позволяют использовать их как препараты для улучшения курса лучевой терапии. При этом одни НЧ приводят к увеличению чувствительности патологических тканей, тогда как другие снижают чувствительность здоровых тканей. В результате мы можем добиться максимальной эффективности лучевой терапии с минимальными побочными эффектами.

1. А. Б. Щербаков, Н. М. Жолобак, В. К. Иванов, Ю. Д. Третьяков and Н. Я. Спивак, "Наноматериалы на основе диоксида церия: свойства и перспективы использования в биологии и медицине," BIOTECHNOLOGIA ACTA, vol. 4, no. 1, pp. 9-28, 2011.
2. Ying Xue, Qingfen Luan, Dan Yang, Xin Yao and Kebin Zhou, "Direct Evidence for Hydroxyl Radical Scavenging Activity of Cerium Oxide Nanoparticles," The Journal of Physical Chemistry C, no. 115, p. 4433–4438, 2011.
3. Minghan Shi, Benoit Paquette, Thititip Thippayamontri, Louis Gendron, Brigitte Guerin and Leon Sanche, "Increased radiosensitivity of colorectal tumors with intratumoral injection of low dose of gold nanoparticles" in International Journal of Nanomedicine, 2016, no. 11, pp. 5323-5331.
4. R. Vazirov, S. Sokovnin, M. Ulitko "RADIOMODIFICATION OF CELL CULTURES OF LINE HELA BY CERIUM OXIDE NANOPARTICLES TO X-RAY IRRADIATION," RAD Journal, Volume 2, Issue 2 pp. 139-141, 2017 DOI: 10.21175/RadJ.2017.02.029
5. V.G.Il'ves, S.Yu.Sokovnin "Production and studies of properties of nanopowders on the basis of CeO<sub>2</sub>" in Nanotechnologies in Russia, 2012, V. 7, I. 5, pp 213–226.
6. S. Yu. Sokovnin, V. Il'ves "Production of nanopowders using pulsed electron beam" in Ferroelectrics, 2012, V: 436, Is: 01, p. 101 - 107.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ БЛОКА МИОКАРДИАЛЬНОЙ ТКАНИ

Хмелев Д.В.<sup>1\*</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [IceDruid@yandex.ru](mailto:IceDruid@yandex.ru)

## SIMULATION OF MYOCARDIAL TISSUE SLAB MECHANICS

Khmelev D.V.<sup>1\*</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

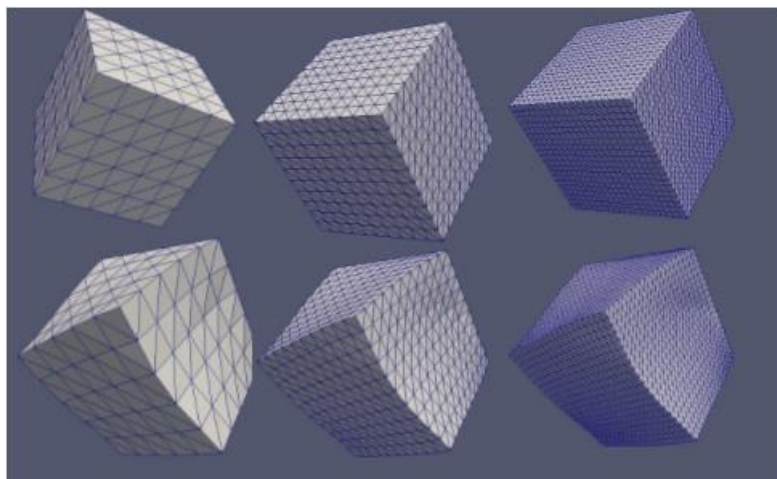
This study presents the pilot results of a myocardial tissue slab computer simulation. The simulation use Luo-Rudy I (1991) electrophysiology model of the cardiomyocytes and Kerchoffs et. al (2003) active mechanical model. We study the sensitivity of a final configuration of the myocardial tissue slab to computational mesh properties. The experiments show increasing of the tissue slab rotation with the decreasing of the computational mesh element size.

Для любой модели использующей численные методы важно качество расчетной сетки. Для моделей электрофизиологии миокарда такие исследования были проведены в работах [1] и [2].

В нашем исследовании мы изучаем влияние размера элемента на результаты моделирования механической функции сердца. Для этого мы рассчитываем модель блока миокардиальной ткани (wedge препарат) в виде куба с одной закрепленной стороной в течении 36 мс. Использовалась модель активных механических сокращений миокарда Kerchoffs et. al (2003) [3] и модель электрофизиологии миокарда Luo-Rudy I [4]. Ткань миокарда считалась сжимаемой. Миокардиальные волокна задавались по винтовому углу. Для моделирования методом конечных элементов использовалось открытое программное обеспечение Oxford Chaste. Моделируемый блок разбивался на кубические элементы с дополнительными точками на ребрах. Использовались сетки из  $n^3$  элементов: 1, 2, 5, 10, 20 (рисунок 1).

По результатам моделирования обнаружена разница в конечных конфигурациях модели в виде увеличения в угла поворота незакрепленных вершин препарата. Чем больше элементов использовалось в расчете, тем более закручивалась итоговая конфигурация.

Мы полагаем, что полученные нами оценки могут быть использованы при моделировании wedge-препаратов, используемых в биофизических экспериментах.



1. Niederer SA, Kerfoot E, Benson AP, Bernabeu MO, Bernus O, et al. (2011) Verification of cardiac tissue electrophysiology simulators using an n-version benchmark. Phil Trans R Soc A 369: 4331–4351.
2. Kerckhoffs R. C. P., Bovendeerd P. H. M., Kotte J. C. S., Prinzen F. W., Smits K., Arts T. (2003) Homogeneity of cardiac contraction despite physiological asynchrony of depolarization: A model study. Ann. Biomed. Eng. 31:536–547
3. Luo C., Rudy Y. A model of the ventricular cardiac action potential. Depolarization, repolarization, and their interaction //Circulation research. – 1991. – T. 68. – №. 6. – С. 1501-1526.
4. EM Wülfers, O Dössel, G Seemann. (2016) Regularity of node distribution impacts conduction velocities in finite element simulations of the heart. Computing in Cardiology Conference (CinC), 177-180

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ МОДИФИКАЦИИ ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Самигуллина К.Р.\*, Кашапова А.Р., Харапудько Ю.В.,  
Гаврилов М.Д, Гребенщикова М.М.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань, Россия

\*E-mail: [ks2595@mail.ru](mailto:ks2595@mail.ru)

## STUDY OF STRUCTURAL CHANGES IN THE COLLAGEN MATERIAL MODYFIED BY PLASMA METHODS

Samigullina K.R.\*, Kashapova A.R., Harapudko Yu.V., Gavrilov M.D.,  
Grebenshchikova M.M.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Abstract. A study of changes in the structure of the protein component of natural collagen-containing material was made. By the x-ray diffraction analysis was found that the molecular structure of the protein does not change when a high frequency plasma exposed on a material. The application of nanostructured coatings from the plasma phase also does not change the structure of the substrate.

Исследование структуры и способов модификации натуральных коллагеновых материалов является актуальным направлением современной науки, поскольку коллаген - это основной белок многих материалов, используемых в медицине.[1] Для проведения экспериментальных исследований по установлению изменений структуры натурального коллагенсодержащего материала проведена плазменная модификация натуральной кожи хромового и растительного дубления. Для придания биологически активных свойств проведено нанесение наноструктурированных покрытий с доказанной биологической активностью (Cu, Ti, Hf) на поверхность натурального биополимера методом конденсации из плазменной фазы (КИБ). Ряд образцов был подвергнут высокочастотной емкостной плазменной модификации (ВЧЕ). [2] ВЧЕ обработка проводилась для повышения адгезии наноструктурированного покрытия на поверхность образцов.

Рентгеноструктурным анализом с использованием дифрактометр D2 PHASER исследовали изменения в структуре модифицированного материала. По характеристикам дифракционных кривых установили что конденсация покрытий из плазменной фазы на коллагенсодержащую подложку в режиме: покрытие Cu  $\tau = 60\text{с}$ ;  $I_{Cu}=55\text{А}$ ;  $P = 2 \cdot 10^{-3}\text{мм.рт.ст.}$ ;  $G = 0,04\text{ г/с}$ ;  $P = 26,6\text{ Па}$   $U = 4,5\text{ кВт}$ ; газ – аргон, покрытие (Hf+Ti)N  $\tau = 180\text{с}$ ;  $I_{Ti}=55\text{А}$ ;  $I_{Hf}=70\text{А}$ ;  $P = 3 \cdot 10^{-3}\text{мм.рт.ст.}$ ; газ – азот, а также предварительная высокочастотная модификация поверхности. Установлено, что предварительная ВЧ емкостная модификация поверхности увеличивает адгезию наноструктурного покрытия.

1. Гребенщикова М.М. Биологически активные покрытия на коже: материалы научной сессии КГТУ, г. Казань, С.-323, (2011)
2. Развитие технических наук в современном мире./ Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, №4, г. Воронеж, С.-88, (2017)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА ПЕРСОНАЛ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ

Щелканов А.А.<sup>1\*</sup>, Кружалов А.В.<sup>1</sup>, Панкин В.В.<sup>1,2,3</sup>, Панкин С.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: alex.ekbfti@gmail.com

## COMPARATIVE EVALUATION OF DOSES TO PERSONNEL OF RADIOLOGICAL DIVISIONS

Shchelkanov A.A.<sup>1\*</sup>, Kruzhalov A.V.<sup>1</sup>, Pankin V.V.<sup>1,2,3</sup>, Pankin S.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Institute of High-Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A comparative analysis of radiation doses of personnel of radionuclide diagnostics departments was carried out.

Применение в медицинской практике ионизирующего излучения, на сегодняшний день, имеет широкое распространение в мире.

На сегодняшний день наблюдается тенденция к увеличению дозовых нагрузок в результате воздействия медицинских источников ионизирующего излучения, связанное с всё большей распространенностью и доступностью методов лучевой диагностики и терапии. В России тенденция к росту числа диагностических процедур появилась в 2013 и увеличилась в 2014 годах [3]. Соответственно с ростом числа процедур возрастают дозовые нагрузки на население и персонал лечебно-профилактических учреждений.

Таким образом, средняя доза облучения персонала отделений радионуклидной диагностики – 1,5 мЗв/год [4], что не превышает, установленный в НРБ – 99/2009, предел дозы для персонала категории А. Стоит отметить, что основные дозовые нагрузки приходятся на медицинских сестер. Это обусловлено, тем что в обязанности медсестер широкий спектр работ, подразумевающий непосредственный контакт с источниками ионизирующего излучения.

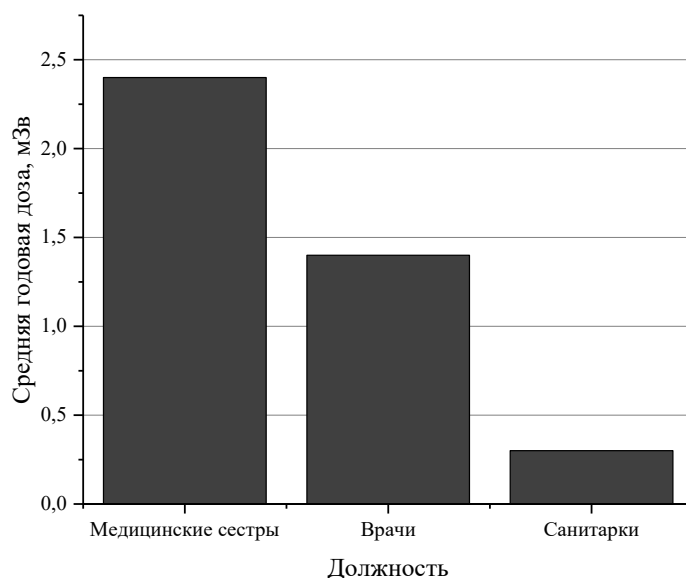


Рис. 1. Распределение дозовых нагрузок на персонал лаборатории радионуклидной диагностики

В результате анализа данных, были оценены дозовые нагрузки на персонал, а также их распределение в зависимости от должности, а, следовательно, и от характера выполняемых работ. Из сравнения с работами, проводимыми на АЭС, где 76% персонала не превышает основной предел дозы для населения равный 1 мЗв/год [5], можно сделать вывод о необходимости внедрения новых средств и методов защиты персонала от ионизирующих излучений.

1. Статус и перспективы развития ядерной медицины и лучевой терапии в России на фоне мировых тенденций (аналитическая справка) Москва (2008)
2. Т.А.Голикова – Развитие ядерной медицины в Российской Федерации (2010)
3. И.А.Звонова – Радионуклидная диагностика в Санкт-Петербурге: текущее состояние и проблемы развития (2015)
4. Piwowska-Bilska H. - Radiation doses of employees of a nuclear medicine Department after implementation of more rigorous radiation protection methods (2013)
5. РОСЭНЕРГОАТОМ. Годовой отчет (2016)



# **РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ ПРЕЦИЗИОННЫХ ВЕСОВ ДЛЯ ИНКУБАТОРА НОВОРОЖДЕННЫХ**

Роган Л.В.<sup>\*</sup>, Смирнов А.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [lev-eragon@yandex.ru](mailto:lev-eragon@yandex.ru)

## **DEVELOPMENT OF PRECISION WEIGHT BOARD FOR A NEONATAL INCUBATOR**

Rogan L.V., Smirnov A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This article proposes a solution for improving and simplifying the care of newborns: the development of a precise weighing module built into incubators. The importance of measuring the weight of babies as an indicators for predicting its survival is noted. The functional scheme of the measuring module operation is briefly described.

Высокоинтенсивная терапия младенцев и новорожденных – это область медицины, где вплотную контактируют новая жизнь и современные технологии. Стремление технического прогресса к созданию для малыша максимально комфортных условий его жизни после появления на свет привело к разработке и изготовлению кувезы (инкубатора для новорожденных). Он представляет собой целый комплекс для оказания реанимации и интенсивной терапии недоношенных детей, осуществляя возможность проведения таких мероприятий, как измерение и поддержание температуры окружающей среды и тела, поддержание необходимого уровня влажности и многих других.

Одним из важнейших показателей для успешного выхаживания новорожденного является его вес, который до сих пор измеряется с помощью специализированных настольных детских весов, представляющих из себя отдельный от инкубатора прибор. Врачебная практика показала, что взвешивание необходимо проводить минимум 2 раза в сутки, при проведении которого обязательна защита от холодового стресса и излишних притрагиваний, чего трудно добиться в условиях периодических перекладываний малышей на весы.

Отсюда новизна разработки на лицо: встраивая в инкубатор модуль прецизионных весов, мы позволяем врачам без лишних взаимодействий с малышом мониторировать его вес в динамике и проводить терапию эффективнее. Исходя из этого факта, мной совместно с инженерами из Уральского оптико-механического завода им. Э.С. Яламова было принято решение разработать такой модуль для нового инкубатора - трансформера "BONO". В данный момент на российском и мировом рынке неонатальной техники существует немного реализаций этой технологии.

В качестве первичного преобразователя нами был выбран тензометрический датчик MLE - 15 с мостовой схемой включения и уровнем собственных шумов  $\pm 3\%$  в количестве четырех штук. Выходной аналоговый сигнал с датчиков через схему нормализации (усиления и фильтрации) поступает на входы АЦП AD7730, который осуществляет выборку с определенной дискретностью по времени и выдает цифровой сигнал пропорциональный входному аналоговому сигналу. После обработки сигнал с АЦП по интерфейсу SPI поступает в микроконтроллер STM32F, в котором хранятся калибровочные кривые, а так же программа расчета веса новорожденного. Так же микроконтроллер управляет схемой подключения тензодатчиков, осуществляя его только в момент измерения, что препятствует нагреву датчиков и повышает точность измерения. С микроконтроллера вся информация о весе отображается на ЖК экране, где врач может проанализировать состояние малыша и с помощью специального программного обеспечения откорректировать методику его выхаживания.

В итоге, полученная точность весов составляет  $\pm 0,002$  кг в диапазоне от 0,02 кг до 2 кг и  $\pm 0,010$  кг в диапазоне от 2 до 10 кг, что является конкурентоспособным результатом на рынке неонатальной техники.

1. Иванов-Цыганов А.И. Электропреобразовательные устройства РЭС: Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника". –4-е изд., перераб о доп. – М.: Высш. шк., (1991).
2. Костиков В. Г., Парфенов Е. М., Шахнов В. А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, (2001).
3. Корневский Н.А., Попечителей Е.П. Элементы и узлы медицинской техники: Учебное пособие для студентов вузов. – Курск. гос. техн. ун-т – Курск, (2009).

# **ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ РИСКА ПОТЕРИ ЗДОРОВЬЯ НА ФУНКЦИОНАЛ РАБОТНИКА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Назарова М.М.<sup>1\*</sup>, Анцыгин И.Н., Вараксин А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской  
академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mashanazarov@yandex.ru](mailto:mashanazarov@yandex.ru)

## **EFFECT OF RISK FACTORS ON INDUSTRIAL WORKERS HEALTH**

Nazarova M.M.<sup>1\*</sup>, Antsygin I.N., Varaksin A.N.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Federal state budgetary institution of science Institute of Industrial Ecology,  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The influence of occupational factors on the adaptation of workers of industrial enterprises to the environment is investigated. The authors found that acting of occupational factors Physical hard work and Nervous tension in the workplace leeded to a significant change in the balance between the sympathetic and parasympathetic parts of the autonomic nervous system. This vegetative imbalance leads to a tension of the regulatory system, reducing the reserve capabilities of the body and reducing the level of adaptation of workers to the environment.

В настоящее время отмечается рост кардио-заболеваний, что оказывает влияние на сокращение средней продолжительности жизни и уровень смертности трудоспособного населения страны. Одним из современных методов оценки взаимосвязи сердца и нервной системы является оценка вариабельности сердечного ритма. Это обследование начинают активно использовать в функциональной диагностике, так как показатель вариабельности сердечного ритма позволяет дать общую оценку о состоянии пациента, так как отражают жизненно важные показатели управления физиологическими функциями организма, к ним относят функциональные резервы механизмов его управления и вегетативный баланс.

Проведено исследование влияния факторов производственной среды на адаптацию работников промышленных предприятий к окружающей среде. Работа была выполнена при помощи аппаратно-программного комплекса Полиспектр-ритм (Нейрософт, Россия). В исследовании приняли участие 400 работников промышленных предприятий Свердловской области в возрасте от 22 до 65 лет. Все работники подвергались воздействию комплекса вредных факторов производственной среды, основными из которых являлись сложная по своему составу пыль, электромагнитные поля, тяжесть трудового процесса, эмоциональное напряжение. Для анализа параметров была использована программная

среда Statistica 10. Применялись методы описательной статистики, корреляционный анализ, однофакторный, двухфакторный, многофакторный дисперсионный анализ.

Обнаружено, что в процессе трудовой деятельности, при воздействии таких производственных факторов, как тяжесть трудового процесса и эмоциональное напряжение, развивается дисбаланс между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы, что приводит к напряжению регулирующей системы, снижению резервных возможностей организма и уровня адаптации работников к окружающей среде.

Таким образом, для улучшения адаптационной способности организма требуется анализ физиотерапевтических факторов в программах реабилитации для работников промышленных предприятий.

## **МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ**

Бутова К.А.<sup>1\*</sup>, Лукин О.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской Академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [butchini@mail.ru](mailto:butchini@mail.ru)

## **METHOD OF MEASURING THE CONTRACTILE ACTIVITY OF THE HEART MUSCLE**

Butova K.A.<sup>1\*</sup>, Lookin O.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Annotation. We described the methods for measuring and evaluating the contractile activity of the cardiac muscle under dynamic change in length. These methods allow us to determine the contractile potential of the muscle on the basis of its behavior under given mechanical conditions.

Основной поставленной задачей являлась разработка адекватных методов измерения и оценки влияния механических условий на препараты сердечной мышцы с возможностью определения сократительного потенциала миокарда в условиях динамического изменения длины мышцы и задаваемой на неё нагрузки.

Для постановки эксперимента использовалась специализированная система для измерения активности полосок сердечной ткани [1]. В качестве особенностей данной установки следует отметить то, что все составляющие её блоки являются функционально автономными, что даёт возможность использовать их отдельно при настройках, тестированиях и проведении калибровочных процедур. Кроме того, в комплекс установки входит система жизнеобеспечения биологического препарата. Изолированные мышечные препараты фиксировались одним концом к штоку датчика силы (для регистрации развиваемого мышцей усилия в диапазоне до 50 мН), а другим – к штоку линейного сервомотора длины (для задания степени растяжения и профиля укорочения в диапазоне  $\pm 500$  мкм с точностью 0.5 мкм). Такая конфигурация обеспечивает возможность одновременной регистрации текущей длины мышцы и развиваемой мышцей силы. Раздражающие мышечный препарат импульсы различной амплитуды, длины и периода подавались при помощи внешнего стимулятора через два неполяризующихся угольных электрода.

В ответ на растяжение мышцы возникает быстрый прирост величины развиваемого усилия (закон Франка-Старлинга). С помощью описанной установки можно регистрировать сократительный ответ мышцы при задании различной степени ее растяжения, т.е. определять зависимость «длина-сила», которая является аналогом закона Франка-Старлинга для линейных сократительных структур. Эти измерения можно выполнять на препаратах сердечной мышцы различных видов животных [2]. Также можно изучать феномены изменения сократительного ответа сердечной мышцы при вариации внешних условий (температуры среды, частоты электрической стимуляции, при добавлении активных субстанций в физиологический раствор) или условий механического нагружения мышцы.

Описанные в работе методы измерения сократительной активности сердечной мышцы и аппаратная реализация этих методов являются современным и перспективным инструментом для изучения поведения миокарда в норме и при патологиях.

1. Lookin O, Protsenko Yu. Central European Journal of Biology, 6(5), 730-742, (2011).
2. Лукин О.Н., Проценко Ю.Л. Биофизика, 61(1), 143-157, (2016).

# **МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ИЗОЛИРОВАННЫХ КАРДИОМИОЦИТОВ**

Королёва И.А.<sup>1\*</sup>, Хохлова А.Д.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии  
наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [kor.irene@mail.ru](mailto:kor.irene@mail.ru)

# **A METHOD FOR AUTOMATIC DETERMINATION OF THE SIZES OF ISOLATED CARDIOMYOCYTES**

Koroleva I.A.<sup>1\*</sup>, Khokhlova A.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

Annotation. The problem of automated morphometric measurements of histological preparations is still relevant today, since each researcher has to analyze a large amount of data. In this study, we present the customized macros for the ImageJ program, which allows the user to determine automatically the cell sizes.

Проблема автоматизации измерений морфометрических характеристик гистологических препаратов является актуальной, поскольку каждый исследователь сталкивается с необходимостью обработки большого массива данных. Есть множество способов измерения размеров клеток, которые появились почти одновременно с массовым распространением световой микроскопии [1]. В основном все они основаны на том, что исследователь в ручном режиме измеряет каждый объект. Столь кропотливый анализ вовсе не означает, что результаты измерений будут достоверными, так как они в большой степени зависят от субъективного взгляда, следовательно, могут быть ошибочными.

Для решения этой проблемы некоторые производители оборудования для микроскопического анализа предложили несколько пакетов программ, которые систематизировали процесс измерений и сделали его автоматизированным. Такие программы могут работать и с изображением, получаемым с цифровой камеры, и с электронными фотографиями. Однако эти программы достаточно дороги, хранят и обрабатывают данные в своих форматах, поэтому широкого распространения не получили. Но в 1997 году в исследовательском отделении Национального института психиатрии в Бетесде, Мэриленд была разработана бесплатная для пользователя программа с открытой архитектурой, которая производит автоматический анализ данных, получившая название ImageJ [2].

В данной работе будет представлена оригинальная пользовательская модификация программы ImageJ путем создания макросов, что позволит пользовате-



лю автоматически определять размеры клеток. Далее разработанный метод будет использован для определения размеров одиночных сердечных клеток (кардиомиоцитов) и подсчета количества клеток, выделенных методом перфузии изолированного сердца мелких грызунов по Лангендорфу раствором с добавлением коллагеназы, расщепляющей внеклеточный каркас.

*Работа поддержана грантом РФФИ 16-31-60015, Постановлением Правительства РФ № 211 от 16.03.2013 и Программой Президиума РАН №27.*

1. Мыщик А.В., Использование программы ImageJ для автоматической морфометрии в гистологических исследованиях, Омский научный вестник, 2, 187-189 (2011).
2. Ferreira T., Rasband W. ImageJ user guide. ImageJ/Fiji, (2012).

## **НОВЫЙ МЕТОД КАРБОНОВЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОКРАТИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ОДИНОЧНЫХ КАРДИОМИОЦИТОВ**

Мячина Т.А.<sup>1\*</sup>, Лукин О.Н.<sup>1,2</sup>, Хохлова А.Д.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [myachina.93@mail.ru](mailto:myachina.93@mail.ru)

## **A NEW CARBON FIBER METHOD FOR MEASUREMENTS OF CONTRACTILE PROPERTIES OF SINGLE CARDIOMYOCYTES**

Myachina T.A.<sup>1\*</sup>, Lookin O.N.<sup>1,2</sup>, Khokhlova A.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Investigation of the effects of mechanical load on the contractile function of single cardiomyocytes requires the use of new methods to fix the cardiomyocyte. The technique for measuring the mechanical activity of isolated cells using four carbon fibers is used in this study. This method allows one to obtain new experimental data on the effects of mechanical preload applied via diastolic cell stretch on the contractile function of cardiomyocytes.

Исследование сократительной функции миокарда на уровне изолированных одиночных кардиомиоцитов является актуальной задачей физиологии и патофизиологии сердца. Одним из способов измерения механических характеристик клетки является методика карбоновых волокон (КВ) [1, 2]. В классическом методе [1] применяется пара КВ, каждое из которых прикрепляется к краю кардиомиоцита. Однако в некоторых случаях фиксация волокон к поверхности



клетки может быть недостаточно хорошей, так что при растяжении клетки происходит их соскальзывание. Поэтому исследование влияния механической нагрузки на сократительную функцию изолированных кардиомиоцитов требует использования нового метода фиксации клетки.

В данном исследовании применяется усовершенствованная методика измерения механической активности изолированных клеток миокарда, разработанная проф. Гэнтаро Ирибэ из университета Окаяма, Япония [2]. В этом способе крепления клетка зажимается четырьмя КВ на противоположных концах по принципу зажимов. При этом кардиомиоцит находится в подвешенном состоянии и не касается дна ванночки. Для удержания КВ помещаются в стеклянные микропипетки, изогнутые на концах под углом 45°. Для манипулирования применяются четыре устройства микропозиционирования с пьезомоторами, к которым крепится каждое из карбоновых волокон. Такая система позволяет реализовать различные режимы сокращения клетки: изометрический, ауksотонический и изотонический режимы, режим работы с чередованием изометрического и изотонического режимов сокращения клетки [1,2].

Для получения одиночных кардиомиоцитов применяется методика ретроградной (по Лангендорфу) перфузии изолированного сердца мелких грызунов раствором с добавлением коллагеназы, расщепляющей внеклеточный каркас. Далее полученная ткань измельчается и центрифугируется для получения отдельных клеток [2].

В работе будет продемонстрировано использование усовершенствованной методики КВ для исследования влияния механической преднагрузки (диастолического растяжения клетки) на сократительную функцию (силогенерацию клетки и укорочение ее саркомеров), оценки индексов жесткости и сократимости (углы наклонов зависимостей «длина-пассивное напряжение», «длина-активное напряжение») одиночных кардиомиоцитов желудочков и предсердий сердца мелких грызунов.

*Работа поддержана Постановлением Правительства РФ № 211 от 16.03.2013 и Программой Президиума РАН №27.*

1. Iribe G, Helmes M, Kohl P. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 292(3), H1487-H1497 (2007)
2. Iribe G, Kaneko T, Yamaguchi Y, Naruse K. Progress in biophysics and molecular biology, 115(2), 103-114 (2014)

## РАДИАЦИОННО-ИММУННАЯ ТЕРАПИЯ

Рогожникова О.А.<sup>1\*</sup>, Баранова А.А.<sup>1</sup>, Вазиров Р.А.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [olgasawada96@gmail.com](mailto:olgasawada96@gmail.com)

## RADIOIMMUNOTHERAPY

Rogozhnikova O.A.<sup>1\*</sup>, Baranova A.A.<sup>1</sup>, Vasirov R.A.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Molecular nuclear medicine plays an important role in the diagnosis and therapy of cancer. Radioimmunodetection and radioimmunotherapy (RIT) involve the use of antibodies conjugated with diagnostic or therapeutic radionuclides, respectively. Radioimmunotherapy therefore is considered more suitable for the treatment of microscopic or minimal residual disease, allowing radiolabeled monoclonal antibodies to achieve uptake in tumors high enough to result in tumoricidal radiation doses.

Согласно статистике ВОЗ (всемирная организация здравоохранения), онкозаболевания являются второй из основных причин смерти в мире: так, в 2015 году от этого умерли 8,8 млн человек. Онкология становится причиной практически каждой шестой смерти в мире.

Одним из приоритетных методов лечения злокачественных опухолевых заболеваний является лучевая терапия.

Однако у лучевой терапии существует проблема – помимо опухолевых клеток излучение влияет и повреждает здоровые ткани вблизи злокачественного новообразования. Устранение этой проблемы – внедрение таргетной или направленной терапии. К таргетной терапии относится и радиационно-иммунная терапия.

Радио-иммунотерапия (РИТ) основана на принципах таргетной терапии, предполагающей направленный транспорт комплексов противоопухолевых антител (моноклональных антител) с радионуклидом в опухолевый очаг. Антитела специфически связываются с антигенными детерминантами на опухолевых или других клетках, а радионуклид уничтожает эти клетки путем локального облучения.

Задача данной работы – методика создания экономичного, доступного широкой общественности препарата с использованием идей таргетной, терапии. А именно, отработка технологии производства препаратов на основе моноклональных антител и радиоактивных изотопов, полученных на базе циклотронного центра ядерной медицины (ЦЦЯМ) УрФУ, с возможностью применения их в лечении опухолевых новообразований.

## **РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СРАВНЕНИЯ ПЛАНОВ ФОТОННОЙ И ПРОТОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**

Курзюкова А.Ю.<sup>1</sup>, Одложиликова А.<sup>2\*</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Масариков онкологический институт, Медицинский факультет Масарикова  
Университета, г. Брно, Чешская Республика

\*E-mail: [odlozilikova@mou.cz](mailto:odlozilikova@mou.cz)

## **RADIOBIOLOGICAL ASPECTS OF PLANS COMPARISON FOR PHOTON AND PROTON RADIATION THERAPY**

Kurzyukova A.Y.<sup>1</sup>, Odlozilikova A.<sup>2\*</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Masaryk Memorial Cancer Institute, Faculty of Medicine Masaryk University,  
Brno, Czech Republic

Annotation. Nowadays it is not clear what type of ionizing radiation (protons or photons) is considered to be the most suitable for radiotherapy in cancer patients. Thus, it is essential to analyze acute and long-term consequences during modeling.

Стремительное развитие технологий, предназначенных для лечения онкологических заболеваний, способствует качественному планированию лучевой терапии и облучению онкологических пациентов [1-3]. Однако не всегда можно точно определить, использование какого типа ионизирующего излучения является наиболее подходящим для конкретного пациента и способствует лучшему лечению онкологического заболевания. Для решения данной проблемы необходим анализ острых и отдаленных осложнений облучения, вероятности которых могут быть получены и оценены в результате моделирования.

Для рассмотрения данного вопроса в Масариковом онкологическом институте (Брно) совместно с Центром протонной терапии в Праге планируется проведение исследования, направленного на сравнение планов протонной и фотонной радиотерапии для конкретного пациента. Для этого в программе радиобиологического моделирования BioGray будет произведен расчет вероятности острых и поздних осложнений на примере одного онкологического пациента с определенным диагнозом при планировании фотонной и протонной лучевой терапии. В данной работе будет подготовлена и проанализирована теоретическая база, необходимая для проведения такого исследования.

1. Kutcher G.J., Burman C., Calculation of complication probability factors for non-uniform normal tissue irradiation: the effective volume method, Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys, c.1623-1630 (1989).

2. Niemierko A., Goitein M., Calculation of normal tissue complication probability and dose-volume histogram reduction schemes for tissues with a critical element architecture, *Radiotherapy & Oncology*, с.166-176 (1991).
3. Журавлёва К.И., Сравнительный анализ методов протонной и традиционной лучевой терапии при лечении злокачественных новообразований, Пензенский государственный технологический университет, с.108-111 (2016).

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА БИОСИНТЕЗ ПУЛЛУЛАНА

Сушкова Е.А.\*, Токарева М.И., Миронов М.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [katerinasushkova@yandex.ru](mailto:katerinasushkova@yandex.ru)

## INFLUENCE OF CULTURE MEDIUM COMPONENTS ON THE BIOSYNTHESIS OF PULLULAN

Sushkova E.A.\*, Tokareva M.I., Mironov M.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Pullulan possesses the great potential for application as a biocompatible and biodegradable material. The influences of the various culture medium components such as carbon and nitrogen sources, metal ions on the biosynthesis of pullulan by yeast-like fungi *Aureobasidium pullulans* were investigated.

В настоящее время активно ведутся поиски новых биосовместимых и био-разлагаемых материалов, которые могут найти применение в таких областях как биомедицина, фармацевтика и пищевая отрасль. Одним из перспективных материалов с данными характеристиками является пуллулан – экстрацеллюлярный полисахарид, продуцируемый дрожжеподобными грибами *Aureobasidium pullulans*.

Пуллулан представляет собой повторяющиеся мальтотриозные фрагменты, соединенные  $\alpha$ -1,6-гликозидными связями. Структура полисахаридной цепи позволяет формировать из пуллулана прозрачные волокна, нанокapsулы и пленки, устойчивые к воздействию масел, а также непроницаемые для кислорода [1]. При этом пуллулан не проявляет токсичности, мутагенных, иммуногенных и канцерогенных свойств [2]. Данные характеристики делают возможным его эффективное использование в пищевой промышленности в качестве упаковочного материала, пленочного покрытия пищевых продуктов, а также в качестве пищевой добавки с пребиотическими свойствами.

В ходе проведенного исследования было изучено влияние различных факторов среды на выход пуллулана с целью получения на его основе микрогелей для создания пищевых добавок. В том числе, было исследовано влияние источников углерода, азота и ионов металлов, а также их концентрации, на количество получаемого продукта. Изучено влияние аэрации и pH среды на продуктивность биосинтеза полисахарида.

В частности, проведено изучение влияния концентрации сахарозы в питательной среде на выход продукта (рис.1), так как она является оптимальным источником углерода для биосинтеза пуллулана [3].

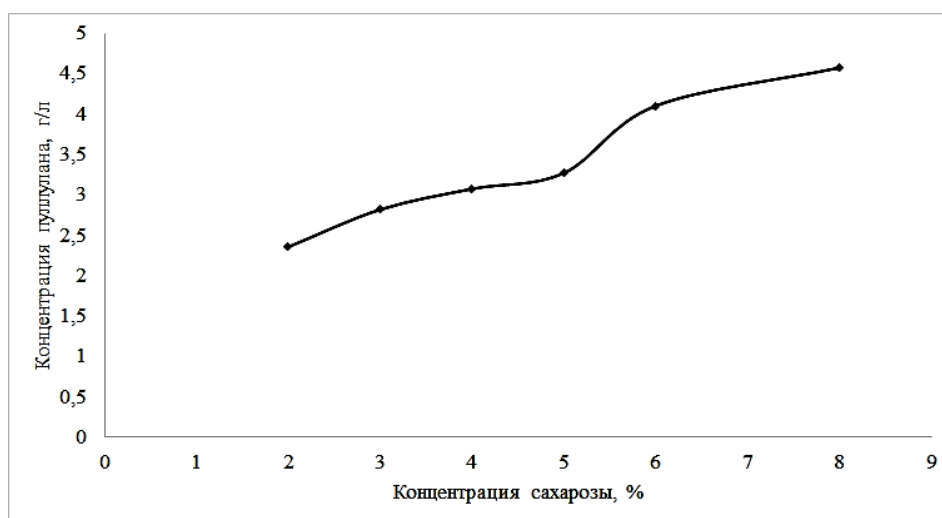


Рис. 1. Зависимость выхода пуллулана от концентрации сахарозы

Полученные данные указывают на следующую зависимость: при увеличении концентрации сахарозы происходит последовательное увеличение выхода продукта, однако при высоких концентрациях прирост выхода замедляется.

1. Sugurman K.R., et al., Carbohydrate Polymers., 173, 573-591 (2017).
2. Wang D., et al., Carbohydrate Polymers., 150, 209-215 (2016).
3. Ma J., et al., J. Biomedical Science and Engineering., 5, 203-207 (2012).

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗДНЕЙ АВТО ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ КАРДИОМИОЦИТОВ НА ОДНОМЕРНОЙ МОДЕЛИ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА**

Нестерова Т.М.<sup>1\*</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tatiannesterova@gmail.com](mailto:tatiannesterova@gmail.com)

## **STUDY OF DELAYED AFTERDEPOLARIZATION OF CARDIOMYOCITES IN 1D MODEL OF CARDIAC TISSUE**

Nesterova T.M.<sup>1\*</sup>, Ushenin K.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Immunology and Physiology, Yekaterinburg, Russia

In this work, we study the spontaneous activation of cardiomyocytes in 1D model of the myocardial tissue. The simulation use Noble (1998) electrophysiology model and open source software Oxford Chaste. In the computational experiments, we variate the space distribution of the parameters which influence to cardiomyocytes delayed afterdepolarization activity. The simulations show the significant influence of healthy-pathology border properties to frequency and features of premature excitation in the model.

Внеочередные желудочковые сокращения негативно влияют на работу сердца и других внутренних органов [1]. Одной из основных причин таких сокращений является спонтанная активность кардиомиоцитов, например их ранняя или поздняя постдеполяризация. Значительная часть исследований в этой области обращает внимание на процессы происходящие в самих клетках. Однако, зоны из которого происходит эктопическое возбуждение имеют неоднородную структуру по параметрам расположенных в них клеток.

В этом исследовании мы изучаем влияние пространственного распределения степени патологии на возникающие внеочередные сокращения в одномерной модели миокарда.

Исследование проводилось для одномерного случая на монодоменной модели ткани с использованием клеточной модели Noble98 [2]. Патологическая область задавалась ингибированием  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  насоса путём увеличения константы Михаэлиса для  $\text{Na}^+$  и увеличением параметра  $\alpha_{\text{up}}$  в уравнении, описывающем SERCA АТФазу, при этом функции, описывающие пространственное распределение этих параметров варьировались также как и радиус области патологии. Расчет проводился методом конечных элементов в системе с открытым исходным кодом Oxford Chaste [3].

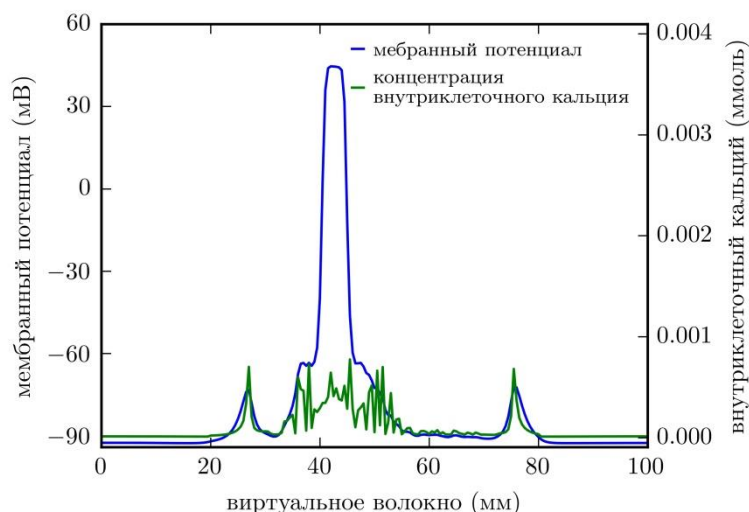


Рис. 1. Возникновение внеочередного возбуждения в одномерной модели миокарда

В ходе исследований отмечалось сокращение длительности и изменение формы потенциала действия со временем. В кардиомиоцитах, находящихся внутри патологической области, наблюдалась поздняя постдеполяризация, переходящая в случае достижения порога активации во внеочередное возбуждение. Был обнаружен нелинейный характер зависимости между накоплением кальция в саркоплазматическом ретикулуме и параметрами, задающими область патологии, а также зависимость между пространственным распределением этих параметров и частотой возникновения внеочередных сокращений.

На основании полученных данных был сделан вывод о существенном влиянии особенностей границы патологическая-здоровая ткань на характер эктопической активности миокарда.

1. Ардашев, А.В., Клиническая аритмология, МЕДПРАКТИКА-М, (2009).
2. Noble D. et al. Improved guinea-pig ventricular cell model incorporating a diadic space, IKr and IKs, and length-and tension-dependent processes //Canadian Journal of Cardiology. – 1998. – Т. 14. – №. 1. – С. 123-134.
3. G. R. Mirams, C. J. Arthurs, M. O. Bernabeu, R. Bordas, J. Cooper, A. Corrias, Y. Davit, S. . Dunn, A. G. Fletcher, D. G. Harvey, M. E. Marsh, J. M. Osborne, P. Pathmanathan, J. Pitt-Francis, J. Southern, N. Zenzemi, and D. J. Gavaghan. Chaste: An open source C++ library for computational physiology and biology. PLoS Computational Biology, 9(3), 2013.



# **ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МНОГОДАТЧИКОВОЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ФАНТОМЕ С ИЗМЕНЯЕМОЙ СКОРОСТЬЮ ПРОТЕКАНИЯ РАДИОФАРМПРЕПАРАТА**

Панкин С.В.<sup>1\*</sup>, Кротов А.Д.<sup>1</sup>, Сюрдо А.И.<sup>1,2</sup>, Панкин В.В.<sup>1,3,4</sup>, Сарычев М.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>)Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>)Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>)Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

<sup>4</sup>)Институт высокотемпературной электрохимии РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [psv00303@yandex.ru](mailto:psv00303@yandex.ru)

## **DYNAMIC TESTS OF MULTI SENSOR RADIOMETRIC SYSTEM ON A PHANTOM MODEL WITH VARIABLE SPEED FLOW OF RADIOPHARMACEUTICAL**

Pankin S.V.<sup>1\*</sup>, Krotov A.D.<sup>1</sup>, Surdo A.I.<sup>1,2</sup>, Pankin V.V.<sup>1,3,4</sup>, Sarychev M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>)Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>)Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Urals State Medical University, Ekaterinburg, Russia

<sup>4</sup>) Institute of High-Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Modeling of biological objects is using for making approbation of the radiometric system. In this work we describe phantom modeling of the first pass of the radioactive bolus in the blood system and experimental studies that we can make with this phantom model.

Современная радионуклидная диагностика предполагает использование широкого спектра диагностического оборудования, большая часть которого разработана для применения в узкоспециализированных диагностических манипуляциях [1], в частности для исследования центральной гемодинамики в кардиологии. Каждая из методик требует предварительной апробации на специально созданном фантоме, моделирующем некую систему или отдельный процесс, происходящий в организме пациента во время диагностического обследования и требующий специального моделирования [2].

Поэтому на кафедре экспериментальной физики Уральского федерального университета проведено экспериментальное тестирование разработанной многодатчиковой радиометрической системы. Система позволяет при изучении гемодинамики оценивать скорость прохождения, накопления и выведения радиофармпрепарата (РФП) в местах установки датчиков («зонах интереса»). Для указанных испытаний был разработан фантом, моделирующий первое прохождение введенного под жгут концентрированного объема РФП (болуса). Он выполнен с учетом биологических параметров моделируемой кровеносной системы и имеет характеристики максимально приближенные к реальным. Подтверждение правильности измерений осуществлялось проведением повторной запи-

си данных на действующей в ОДКБ №1 гамма-камере МБ-9100. В результате была продемонстрирована целесообразность применения данного типа оборудования в медицинской практике и его потенциальные диагностические возможности. Кроме того, на основе полученных данных было проведено предварительное моделирование первого прохождения болюса РФП, оценена целесообразность коллимирования и обоснован выбор мест установки датчиков разработанной радиометрической системы.

1. Pankin S.V., Surdo A.I., Sarychev M.N., Ivanov V.U., Design of collimation system for gamma probe, International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects, abstracts 392 (2016).
2. Hesse B., Lindhardt T.B., Acampa W., Eur J Nucl Med Mol Imaging, 35(4), 851-855 (2008).

## **ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ КАНАЛА ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ АКУШЕРСКОГО МОНИТОРА**

Муфаздалова А.Н., Гизамова А.Р., Нарыжнина Т.В.,  
Порунов А.А., Тюрина М.М.\*

Казанский национальный исследовательский технический университет  
имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия

\*E-mail: [turina\\_m@mail.ru](mailto:turina_m@mail.ru)

## **INCREASING THE SURVEILLANCE OF WORKING THE ALARM SIGNALING CHANNEL OF THE OBSTETRIC MONITOR**

Mufazdalova A.N., Gizamova A.R., Naryzhnina T.V., Porunov A.A., Tyurina M.M.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI,  
Kazan, Russia

Annotation. The paper considers the possibility of increasing the reliability of the operation of the alarm channel of the obstetric monitor on the basis of the coding of signals from the physiological systems of the mother in childbirth.

Современные статистические мировые и отечественные данные свидетельствуют о непрерывном росте смертности и родовых травм рожениц в процессе родовспоможения. Это частично связано с тем, что достоверность срабатывания канала тревожной сигнализации акушерских мониторов ещё отстаёт от требуемого уровня. Это обусловлено тем, что зарубежные и отечественные акушерские мониторы включают ограниченное число информационных каналов о состоянии физиологических систем роженицы.

В работах [1-3] показана возможность и обоснованность расширения состава контролируемых физиологических систем роженицы: канал контроля кар-

диотокографии; канал электроэнцефалографии; канал электрогистерографии, канал контроля системы дыхания матери.

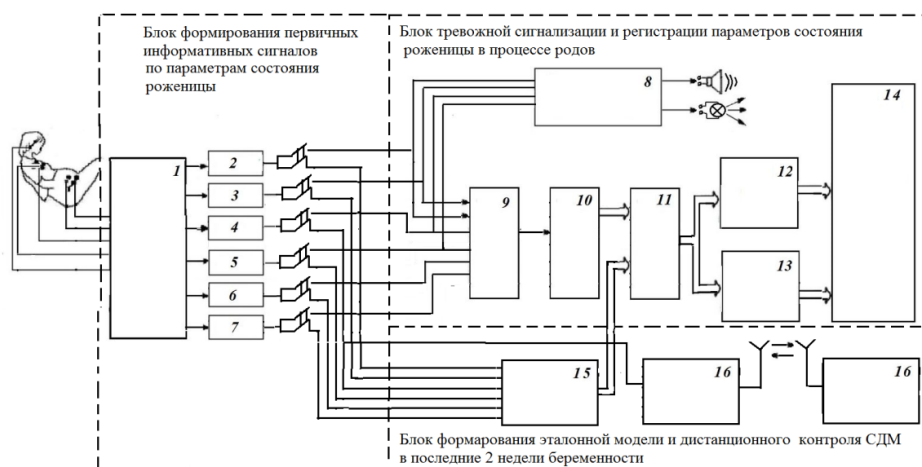


Рис.1. Концепция структурного построения акушерского монитора, содержащего блок тревожной сигнализации [3]

В работе предложен и обоснован вариант структурного построения многоканальной системы автоматизированного акушерского мониторинга, построенной на основе методов кворирования сигналов различной физической природы, и дополнительно снабженной блоком тревожной сигнализации. Разработка акушерского монитора на базе изложенных принципов повышает надежность и достоверность оценки состояния, как отдельных физиологических систем роженицы, так и системы «мать – плод» в целом, а ее дальнейшее использование в работе акушерских бригад позволит снизить риск отрицательного исхода в процессе родовспоможения, что в результате повышает эффективность контроля и управления процессом ведения родов.

1. Порунов А.А., Тюрина М.М. и др. Разработка принципов и схем построения отечественного акушерского монитора нового поколения. // Труды Международной НПК «Научные аспекты современных исследований». – Уфа, 2015. – С.46-51.
2. Порунов А.А., Тюрина М.М. и др. Аналитическое обоснование состава и структуры многоканальной системы автоматизированного мониторинга процессов родовспоможения. //Sciences of Europe (Прага), Vol 2. – №6, 2016. – С.42-44.
3. Патент на изобретение РФ № 2568254 20.11.2015 (по заявке 2014106016/14 от 18.02.2014). «Устройство контроля и прогнозирования состояния системы «мать-плод» в процессе родовспоможения»/Авт. Порунов А.А., Тюрина М.М. и др. Опубл. в бюл. № 32, 2015.

# **ПОСТРОЕНИЕ УНИПОЛЯРНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТОНКОГО СРЕЗА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА**

**Бажутина А.Е.<sup>1</sup>, Ушенин К.С.<sup>1,2</sup>, Хохлова А.Д.<sup>1,2</sup>**

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет им. Первого президента России  
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [banas49@mail.ru](mailto:banas49@mail.ru)

Электрокардиография это методика для регистрации и исследования электрических полей сердца [1]. Для исследования электрической активности миокарда в рамках математических моделей часто рассчитывается виртуальная электрокардиограмма (псевдо-ЭКГ) - аналог ЭКГ [2]. Тонкие миокардиальные срезы давно используются в фундаментальных исследованиях для анализа электрофизиологической функции миокарда [3]. Поэтому представляется важным разрабатывать адекватные математические модели, включающие вычисление псевдо-ЭКГ, для анализа механизмов нарушения сердечного ритма. В данной работе мы представляем результаты построения униполярной псевдо-ЭКГ в рамках 1D и 2D математических моделей электрофизиологической функции левого желудочка (ЛЖ), а также анализируем полученные результаты для 2D модели продольных срезов ЛЖ собаки, полученных на различном расстоянии от субэпикардального (внешнего) слоя ЛЖ.

Для численного моделирования были построены расчетные области - одномерный стержень для 1D модели и срез ЛЖ для 2D модели. 2D модель среза строилась по данным диффузионно-тензорной магнито-резонансной томографии (ДТМРТ). По очищенным от шума ДТМРТ данным строилась поверхностная сетка и тетраэдральная сетка. Сечением тетраэдральной сетки плоскостью, проходящей через вершину ЛЖ, была построена 2D модель. В каждой вершине 2D модели был задан тензор диффузии, показывающий величину и направления диффузии молекул воды в миокарде. На 1D и 2D модели был произведен расчет электрической функции с помощью модели Luo-Rudy кардиомиоцита собаки [4]. По полученным расчетам было посчитано псевдо-ЭКГ.

Мы получили качественное совпадение результатов численных экспериментов с экспериментальными данными по униполярному ЭКГ [1, 2] для клеточно-монослоя [5]. В дальнейшем планируется дальнейшая верификация псевдо-ЭКГ 2D математической модели электрической активности тонкого миокардиального среза и использование расчетов для последующей проверки предсказаний модели в физиологических экспериментах.

1. de Bakker J. M. T. et al. The pathophysiologic basis of fractionated and complex electrograms and the impact of recording techniques on their detection and interpretation //Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology. – 2010.
2. Weinberg S. et al. Representation of collective electrical behavior of cardiac cell sheets //Biophysical journal. – 2008.
3. de Boer T. P. et al. Myocardial tissue slices: organotypic pseudo-2D models for cardiac research & development //Future cardiology. – 2009. – Т. 5. – №. 5. – С. 425-430.
4. Ching-hsing Luo and Yoram Rudy. A model of the ventricular cardiac action potential. Depolarization, repolarization, and their interaction. Circulation research, 68(6):1501–1526, 1991.
5. Tung L., Csysk J. Imaging fibrillation/defibrillation in a dish //Journal of electrocardiology. – 2007. – Т. 40. – №. 6. – С. S62-S65.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОРТАТИВНОЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ**

Кротов А.Д.<sup>1\*</sup>, Панкин В.В.<sup>1,2,3,4</sup>, Панкин С.В.<sup>1,2</sup>,  
Щелканов А.А.<sup>1</sup>, Сарычев М.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский Федеральный Университет им. Первого Президента России

Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) ООО "Стагирит МедИн", Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>) УГМУ Минздрава России, Екатеринбург, Россия

<sup>4</sup>) ИВЭ УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [bronze.eye@gmail.com](mailto:bronze.eye@gmail.com)

## **ASSESSMENT OF TOTAL BLOOD VOLUME WITH THE COMPACT RADIOMETRIC SYSTEM**

A.D. Krotov<sup>1\*</sup>, V.V. Pankin<sup>1,2,3,4</sup>, S.V. Pankin<sup>1,2</sup>, A.A. Schelkanov<sup>1</sup>, M.N. Sarychev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>)Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>)Stagirit MedIn, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>)Ural State Academy of Medicine, Yekaterinburg, Russia

<sup>4</sup>)Institute of High-Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Радионуклидная диагностика является малоинвазивным, воспроизводимым и точным методом определения морфологических, функциональных и метаболических характеристик организма. В кардиологии функциональная радионуклидная диагностика представлена двумя основными методиками – «радиоангиография по первому прохождению» (FPPRNA) и «равновесная радиоангиография» (ERNA) [1].

Реализация протокола радиоангиографии по первому прохождению исследуется применительно к портативной многодатчиковой радиометрической системе, так как математическая модель явления хорошо проработана для одноканальных детекторов. Однако, такие методики в России не модернизировались с 1970-х годов, не учитывают современных аппаратных средств, требуют забора пробы крови для определения основных параметров гемодинамики [2]. Недавнее изучение применимости старых математических алгоритмов показало [3], что при использовании одного детектора над *vena subclavia* возможно определять объем циркулирующей крови.

В статье рассматриваются физические процессы, описание кровотока по венам верхних конечностей, динамика порции РФП, введенной в кубитальную вену. Показано, что при использовании одноканального детектора необходима поправка объема РФП, который размывается при течении в венах верхней конечности. Основное физическое явление, вносящее ошибку в простое математическое описание разведения РФП – наличие неплоского профиля распределения скорости потока, что приводит к усиленному размытию РФП даже на небольшом участке сосуда и увеличивает радиоактивный объем, активность которого регистрируется при первом прохождении.

Экспериментально рассматривается и подтверждается пренебрежимо малое влияние диффузии на размытие болюса при первом прохождении. Рассматриваются различные модели вязкого течения жидкости в одиночном сосуде и при перемешивании. Проводятся эксперименты на фантомах кровеносной системы.

В результате определен метод корректировки объема, проходящего мимо детектора над *vena subclavia*, что позволяет точнее определять ОЦК с учетом размытия болюса. Для такой поправки необходимо строго контролировать процесс введения РФП и использовать второй одноканальный детектор, располагая его на той же верхней конечности.

1. Zarret B., Beller G. Clinical Nuclear Cardiology // State of the Art and Future Directions: Fourth Edition. Mosby Elsevier. 2010. P.183-193
2. Зедгенидзе Г.А., Зубовский Г.А. Клиническая радиоизотопная диагностика - М.: Медицина, 1968. - 368 с.
3. Krotov A., Pankin V. Automated processing of first-pass radioisotope ventriculography data to determine essential central circulation parameters //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2017. – Т. 1886. – №. 1. – С. 020097.



# EXTRACTION OF ISOFLAVONES FROM DIFFERENT RAW SOURCES USING NATURAL DEEP EUTECTIC SOLVENTS

Duru K.C.<sup>\*</sup>, Kovaleva E.G., Glukhareva T.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>\*</sup>E-mail: [kcduru1986@gmail.com](mailto:kcduru1986@gmail.com)

Green extraction of bioactive compounds remains a major challenge for researchers. Extraction of isoflavones from soy products has been a major challenge for a researcher. Different extraction techniques have been employed in the past, however, the high use of organic solvent and equipment cost remains a concern. This study compared isoflavone extraction yield from soy molasses and *kudzu* using two different natural deep eutectic solvents composition (glycerol: citric acid and glycerol: ascorbic acid) with conventional extract methanol. The extracts obtained were analyzed using Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS) and High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). The total flavonoid content and free radical scavenging activity of extracts were determined using quercetin colorimetric and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method, respectively.

Isoflavones are phytoestrogen compounds richly found in leguminous plants like soy bean and kudzu, numerous health benefits [ave](#) been associated with the consumption of these compounds like prevention of cancer, diabetes and obesity [1]. Extraction of these compounds for food and pharmaceutical purpose remains a major challenge. Many techniques have been employed by researchers like the conventional Soxhlet technique, supercritical fluid extraction, ultrasound assisted extraction. Over reliance on organic solvents and high use of equipment remains a challenge for extraction of these compounds. This work is aimed to using natural deep eutectic solvents for the extraction of isoflavones from soy molasses and kudzu and also comparing the extractability and antioxidant activity with conventional method of extraction using methanol.

Conventional method of extraction was carried by weighing out 50g of soy molasses or dried grinded kudzu flower, and adding 150ml of methanol. Extraction was done using an Ultrasonic bath (60°C for 30 min), the aliquot was collected by filtering through a filter paper and the residue were re-extracted three times. The total aliquot were centrifuged (6000 rpm for 20 min) and then evaporated using a rotary evaporator at vacuum pressure at 65°C. The evaporated extract were hydrolyzed using Cellolux enzymatic preparation in acetate buffer as described in [2]. Methanol was replaced with ethanol for green extraction and all extraction procedures described above were followed. After hydrolysis, the extracts were obtained using either ethyl acetate for convention extraction method or natural deep eutectic solvents in the ratio 1:1 (i.e. glycerol: citric acid and glycerol: ascorbic acid). All extracts were analyzed using both Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS) and High-performance liquid chromatography (HPLC). The isoflavones components of the soy



molasses (daidzein, genistein and gleistein) and *kudzu* extract (daidzein, genistein and puerarin) were identified based on their mass spectra using GC/MS.

The total flavonoid content and free radical scavenging activity of extracts were determined using quercetin colorimetric and 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method, respectively.

*This research was partially supported by RFBR 17-03-00641 and the Ministry of Education of the Russian Federation within the framework of the basic part of the state task, Project No. 4.9514.2017 / 8.9*

1. Kostelac D, Rechkemmer G, et al., J Agric Food Chem., 51(26):7632–7635 (2003).
2. Liggins J, Bluck L.J.C, et al., Anal. Biochem. 264, 1–7 (1998)

## **КАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ФЕРМЕНТАМИ ИММОБИЛИЗИРОВАННЫМИ НА ГАММА – ОКСИДЕ АЛЮМИНИЯ**

Тамбасова Д.П.<sup>1\*</sup>, Лизунова Е.Е.<sup>1</sup>, Любякина П.Н.<sup>1</sup>, Ковалева Е.Г.<sup>1</sup>,  
Молочников Л.С.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [darya.st.91@mail.ru](mailto:darya.st.91@mail.ru)

## **CATALYTIC BREAKDOWN OF NATURAL POLYSACCHARIDES BY ENZYMES IMMOBILIZED ON GAMMA ALUMINA**

Tambasova D.P.<sup>1\*</sup>, Lizunova E.E.<sup>1</sup>, Lyubyakina P.N.<sup>1</sup>,  
Kovaleva E.G.<sup>1</sup>, Molochnikov L.S.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Meso- and nanoporous materials including nanoporous anodic aluminum oxide (AAO) membranes, mesoporous and nano- alumina, have been actively studied in various fields including heterogeneous catalysis and adsorption processes. In the previous works, we studied electrosurface properties of these materials. Now we present the catalytic data on breakdown of such natural polysaccharides as xylan and chitosan specific enzymes immobilized on gamma alumina powders.

Полисахариды являются важным классом биологических полимеров, представляющих общий источник энергии. Они являются составными частями целлюлозных и хитинсодержащих отходов. Молекулы полисахаридов могут быть превращены в разнообразные полезные продукты: глюкозамин, глюкоза, декс-

трин, этанол [1]. Данная работа посвящена исследованию перспективных способов повышения активности и стабильности ферментов способом иммобилизации на поверхности твердого носителя мезопористых гамма- $\text{Al}_2\text{O}_3$ , папо- $\text{Al}_2\text{O}_3$  и наноканальных каталитических мембран на основе анодного оксида алюминия (ААО).

Оптимизация каталитической активности таких ферментов как хитозаназа и ксиланаза на этих материалах может быть осуществлена путем простой адсорбции и посредством ковалентного связывания их с поверхностью с помощью глутарового альдегида как сшивающего агента. Каталитическая активность гибридных систем осуществлялась колориметрическими методами по ГОСТ 31488-2012 [2] и методике по определению глюкозамина, описанной в [3]. Так же определялась степень конверсии используемых субстратов в четырех циклах катализа.

Обнаружено, что каталитическая активность ксиланазы, иммобилизованной на поверхности  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  с глутаровым альдегидом, выше (58,8 ед/г), чем при иммобилизации посредством физической адсорбции (42,5 ед/г), что обеспечило больший выход иммобилизации – 66,2 %. Выход иммобилизации при физической адсорбции – 47,9 %. Ковалентно иммобилизованная ксиланаза в течение первых 2-х циклов не теряет своей активности, на 3-м цикле сохраняет до 71 % активности, в то время как ксиланаза, иммобилизованная адсорбционно, на 3-м цикле теряет половину своей активности.

Наибольшей каталитической активностью обладает хитозаназа, иммобилизованная на  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  путем физической адсорбции, максимальная степень конверсии при данных условиях составила 1,84 %, при этом операционная стабильность во втором цикле составляет 71,43 %, снижается до 69,05 % в третьем цикле и стабилизируется в четвертом цикле.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-03-00898, 17-03-00641 и Минобрнауки РФ в рамках базовой части государственного задания, проект №4.9514.2017/8.9.*

1. Yuying Suna, Jiquan Zhangb, et al., International Journal of Biological Macromolecules 61, 160– 163, (2013).
2. Препараты ферментные, Методы определения ферментативной активности ксиланазы, ГОСТ 31488-2012, Москва, Стандартинформ, 2012.
3. Thomas W., Morgan J., Elson L.A. A colorimetric method for the determination of N-acetylglucosamine and N-acetyl-chondrosamine. Biochem. J. 1934. V. 28(3). P. 988–995.

# ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ КЛЕТЧАТКИ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Рощипко Т.А.<sup>1\*</sup>, Ковалева Е.Г.<sup>1</sup>, Баракова Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Санкт-Петербургский Национально-Исследовательский Университет Информаци-  
онных Технологий, Механики и Оптики, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [tanya.24.01@mail.ru](mailto:tanya.24.01@mail.ru)

## ENZYMATIC HYDROLYSIS OF BREWING WASTE DIETARY FIBRES FOR CONFECTIONERIES PRODUCTION

Roschipko T.A.<sup>1\*</sup>, Kovaleva E.G.<sup>1</sup>, Barakova N.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies,  
Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russia

Annotation. In this paper, the effect of enzyme doze on the breakdown of brewing waste dietary fibres has been studied. An increase in the amount of an enzyme induced was found to a decrease in the percentage of fiber from 10% to 7%, as well as an increase in mass concentration of glucose in the supernatant solution from 18 to 72.

*Клетчатка* (пищевые волокна или балластные вещества) относится к питательным веществам, которые, подобно воде и минеральным солям, не обеспечивают организм энергией, но играет огромную роль в его жизнедеятельности. Регулярное потребление клетчатки снижает риск смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, а также положительно влияет на антропометрические данные и биохимические показатели крови у людей с метаболическим синдромом и ожирением [1,2]. *Пивная дробина* является отходом пивоваренного производства. Она содержит 71-76 % белковых веществ, 80-82% жира, безазотистых экстрактивных веществ - на 60-65 %, много витаминов, минералов, аминокислот, а также от 10 до 45 % клетчатки. Клетчатка в пивной дробине в основном нерастворимая и используется в производстве кормов. Для того, чтобы использовать этот ценный отходной продукт в питании человека необходимо провести ее биотехнологическую модификацию для получения растворимой клетчатки, которую вместе с остальными ингредиентами пивной дробины можно использовать для получения продуктов питания, обогащенных клетчаткой.

**Целью работы** проведение ферментативного гидролиза клетчатки пивной дробины- отходного продукта варки овсяного стаута при различной дозировке комплексного ферментного препарата и анализ полученного продукта на содержание клетчатки и образовавшейся глюкозы для использования полученного продукта в дальнейшем для замещения воды, сахара и овсяных хлопьев в производстве функционального печенья.

Содержание клетчатки в пивной дробине определяли по методу Кюршнера и Ганека. Для проведения эксперимента использовали ферментный препарат фирмы ERBSLOEN Дистицим GL целлюлолитического действия. Было найдено, что в исследуемой пивной дробине содержится 10% клетчатки. Ферментативный гидролиз клетчатки проводили с гидромодулем 1:3. Он проводился с целью разрушения 1-4  $\beta$ -гликозидных связей, которые не способны были разрушить желудочные ферменты человека, с высвобождением глюкозы.

В предварительно взвешенную сухую пивную дробину добавляли разбавленный в воде ферментный препарат Дистицим GL с активностью 1, 10 и 20 единиц на 1 г сырья. Далее выдерживали смесь при температуре 60 С при постоянном перемешивании в течение 1 ч, предварительно подогнав pH до 6, используя лимонную кислоту и ацетат натрия. После центрифугирования с rpm = 6000 об. в мин в течение 15 минут, определяли содержание клетчатки по вышеприведенной методике и глюкозу в полученном надосадочном растворе энзиматическим методом [3]. Было найдено, что с увеличением количества внесенного фермента процентное содержание клетчатки уменьшалось с 10 % до 7 %, а массовая концентрация глюкозы в растворе увеличивалась с 18 до 72 мкг/мл. В рецептуре приготовления печенья вода может быть полностью заменена на гидролизат, полученный с помощью модификации клетчатки пивной дробины ферментом в дозировке 20 ед. на 1 г сырья, так как при этой дозировке была достигнута приемлемая степень мягкости дробины и достаточное количество образованной глюкозы, позволяющие заменить дробинкой около 50% овсяных хлопьев, при этом добавляя минимум сахарозы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Благотворительного фонда Потанина.*

1. Pilar Buil-Cosiales, Itziar Zazpe, Estefanía Toledo et al. *Am. J. Clin. Nutr.*, 100(6) (2014)1498–1507.
2. Athanasios Papathanasopoulos, and Michael Camilleri, *Gastroenterology*. 138(1)(2010) 65–72.
3. ГОСТ Р 54905-2912. Методы определения ферментативной активности  $\beta$ -глюконазы. М:- Стандартинформ, 2013. 15 с.

## GOLD BIOTECHNOLOGY: DEVELOPMENT AND ADVANCEMENT

Osman N. Kanwugu<sup>1\*</sup>, Ivantsova M.N.<sup>1</sup>, Kingsley D. Chidumaga<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [nabayire@gmail.com](mailto:nabayire@gmail.com)

The term “biotechnology” connects novel and traditional biological techniques and applications. Different areas of biotechnology have been organized in a color code classification, for example white, green and red ones. In addition to these colors the diversification can be proceeds, leading to blue, yellow, grey, black and gold biotechnology. One of the most interesting scope of research is gold biotechnology, especially bioinformatics and nanobiotechnology.

Drawing on this classication, one of the interesting scope of research in biotechnology, therefore, is gold biotechnology

**Bioinformatics:** It deals with the creation and maintenance of databases of biological information such as the nucleic acid, gene sequences and protein sequences while combining the fields of life science, computer science and statistics to understand medical and biological systems by the creative application of statistics and computer analysis. Currently apart from providing huge databases not limited to gene and proteins, it led to the development of several tools that have proven useful in several fields including tools for: Homology searching (BLAST); Producing phylogenetic trees (PHYLIP); Gene prediction (GenScan); Functional patterns recognition (HMMER) and several others. It has found several uses: in genomics, provide both conceptual bases and practical methods for identifying genes, detecting systemic functional behaviours of genes, the cell and the organism; in drug delivery to provides efficient algorithms and approaches for target identification, target validation and lead identification and optimization; with others uses in agriculture and waste cleaning.

**Nanobiotechnology:** It capitalizes on the availability of a variety of nanostructures with highly controlled properties in the nanometer size range for use in biotechnological systems. With the creation and manipulation of functional components, surfaces, structure and modality at the nanoscale which have demonstrated their great successes in accelerating the development in biotechnology for providing engineered cues to combat diseases, this field has received an increased interest. Currently, advancement are made in multiplex tagging of unknown molecules, nanoparticle bioconjugate-based colorimetric assay, label-less detection, etc.

**Conclusion:** Bioinformatics has provided a convenient and reliable way to manage and interpret the massive data that are continually being generated. Unlike bioinformatics however, though nanobiotechnology has opened up whole new dimensions of manufacture, agriculture and medical intervention, wide applications of nanobiotechnology still leave much effort to be made.

1. Kafarski, P. *CHEMIK*, 66, 8, 811-816 (2012)
2. Kumar, A., Chordia, N. *Research & Reviews in BioSciences*, 12(1) (2017)
3. West, J. L., Halas, N. J. *Current opinion in Biotechnology*, 11(2), 215-217 (2000)
4. Ma, G. H., & Wang, D. *Small*, 12(34), 4589-4589 (2016)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕТА-ГЛЮКАНА В КАЧЕСТВЕ БАД ПРИ ПОЛУЧЕНИИ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО ЙОГУРТА**

Вырова Д.В.\*, Абу Шанаб С., Селезнева И.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [Vyrovad@yandex.ru](mailto:Vyrovad@yandex.ru)

## **USE OF BETA-GLUCAN AS A DIETARY SUPPLEMENT FOR THE PRODUCTION OF LOW-CALORIE YOGURT**

Vyrova D.V., Aboushanab S., Selezneva I.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Beta-glucan acts as fat replacer and stabilizer, what allows to get low fat yoghurt without decline its quality. Beta-glucan is also a biologically active substance with a wide range of physiological effects: it is used to lower blood cholesterol, reduce the glycemic index, to stimulate the health of the digestive system. The purpose of our study is to find the optimal concentration of beta-glucan for the production of yogurt, to obtain law-fat yogurt and determine its properties.

Традиционно произведенные йогурты содержат 3-7 % жира, но чрезмерное потребление жира вызывает некоторые расстройства, такие как сердечнососудистые заболевания и ожирение. Поэтому в настоящее время на рынке востребованы йогурты с пониженной жирностью или нежирные. Однако при производстве такого йогурта нужно учитывать, что от жирности исходного сырья зависит мягкость, нежность и вкус продукта. Но в большей степени частичное или полное удаление жира влияет на текстуру готового йогурта [1]. В то же время потребитель желает получить йогурт с меньшей жирностью, но с такими же свойствами и вкусовыми качествами, как у йогурта с большей жирностью.

В настоящее время возрос интерес к бета-глюкану – полисахариду, содержащемуся в клеточных стенках различных зерновых культур (овес, ячмень), микроорганизмов и грибов, в качестве БАД к различным пищевым продуктам. Даже в небольших концентрациях он обладает сильными загущающими, водосвязывающими, эмульгирующими и жиरोимитирующими свойствами. Загустевая он способен образовывать короткие гели, стабилизировать кремообразные эмульсии, создавать гладкую текстуру и превосходные вкусовые ощущения в



продуктах, в которые его добавляют [2]. Таким образом, бета-глюкан может быть использован в качестве загустителя и заменителя молочного жира.

Ранее ученые при производстве йогурта добавляли на каждые 100 г йогурта 0,3 г экстракта овсяного бета-глюкана с концентрацией чистого бета-глюкана 97 %. Но они обнаружили, что это количество увеличивает время ферментации, а также повышает твердость творога [3]. В настоящем исследовании мы определяли оптимальную концентрацию стандартного образца бета-глюкана, которую можно добавлять в молоко при производстве йогурта, не ухудшая его качество. При этом были получены образцы йогурта с различной концентрацией бета-глюкана (0,1, 0,15, 0,2 % в расчете на чистый бета-глюкан) с использованием для заквашивания молока с жирностью 2,5 %. Концентрация чистого бета-глюкана в используемом нами порошке стандартного образца составляет 86 %. Проведено исследование свойств всех полученных образцов йогурта с различными добавками бета-глюкана в соответствии с требованиями ГОСТ 31981-2013, а именно: органолептические свойства, титруемая кислотность, плотность, массовая доля сухого вещества и количество колониеобразующих микроорганизмов. Исследования показали, что оптимальной концентрацией бета-глюкана при производстве йогурта из молока с жирностью 2,5 % является концентрация 0,1 %. Этот образец йогурта обладал свойствами, близкими к свойствам контрольного образца йогурта, полученного из молока с более высокой жирностью без добавления бета-глюкана. Таким образом, подтверждено положительное влияние использования бета-глюкана в качестве БАД при получении йогурта с пониженной жирностью.

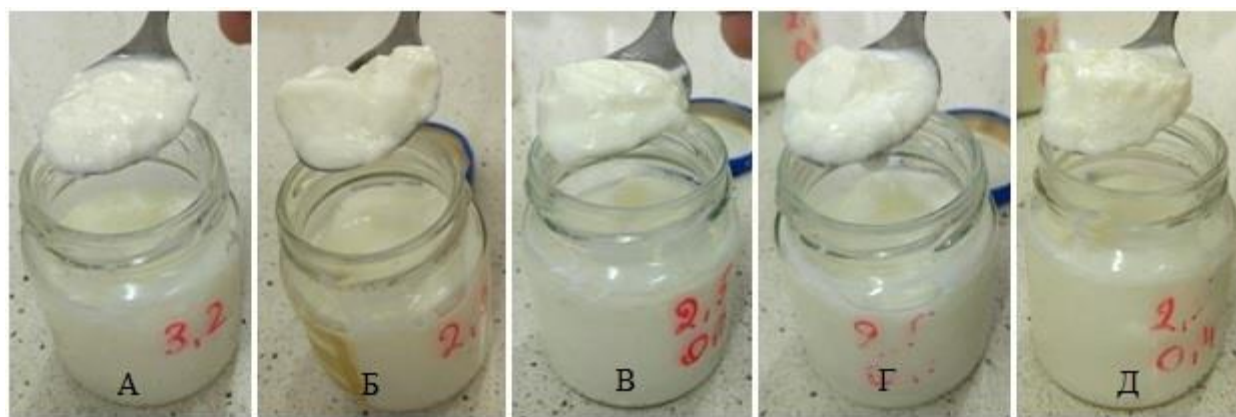


Рис. 1. Образцы йогурта: А – контрольный образец из молока с жирностью 3,2 %; Б – контрольный образец из молока с жирностью 2,5 %; В – образец с добавкой бета-глюкана в концентрации 0,1 %; Г – образец с добавкой бета-глюкана в концентрации 0,15 %; Д – образец с добавкой бета-глюкана в концентрации 0,2 %.

1. Samadi J. Z., Qajarbeygi P. et al., J. Basic. Appl. Sci. Res, 3, 205–210 (2013).
2. Zhu F., Du B., Xu B., Food Hydrocolloids, 52, 275–288 (2016)
3. Mukti, S., Sanghoon, K. et al., Food Science, 77, 195–201 (2012).



*Научное издание*

V Международная молодежная научная конференция:  
Физика. Технологии. Инновации.  
ФТИ-2018

14–18 мая 2018 г.

Тезисы докладов

*Печатается в авторской редакции*

Компьютерная верстка  
*А. В. Ищенко*

Подписано в печать 10.05.2018. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 56,6.  
Уч.-изд. л. 50,9. Тираж 500 экз. Заказ